

A Utilização do Improvac® na Imunocastração de Frangos: Efeito de Diferentes Protocolos de Imunocastração na Composição e Qualidade da Carne

Irene Cristina Silva Antunes

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Zootécnica - Produção Animal

Orientador: Doutor Mário Alexandre Gonçalves Quaresma

Júri:

Presidente: Doutor Rui José Branquinho de Bessa, Professor Associado da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Lisboa.

Vogais:

Doutor Mário Alexandre Gonçalves Quaresma, Professor Auxiliar da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Lisboa, orientador;

Doutor André Martinho de Almeida, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

2017

Aos meus pais e irmã

Agradecimentos

Neste percurso, por vezes atribulado, que foi a realização da presente Dissertação de Mestrado há que agradecer a todas as pessoas que, de alguma forma, fizeram parte dele:

Ao meu orientador, professor Doutor Mário Quaresma, um sincero agradecimento pela paciência, pelos sábios conselhos, pelos ensinamentos, pelo incentivo e motivação constantes, por todo apoio e por acreditar nas minhas capacidades. É sem dúvida uma das pessoas mais genuínas que conheço.

À Interaves que disponibilizou todos os meios e materiais necessários à realização do estudo, nomeadamente, as aves, o pavilhão para o crescimento e acompanhamento das aves, o alimento concentrado para a alimentação das aves, o matadouro e os recursos do mesmo para que o abate das aves fosse realizado com a cadência necessária para a correcta recolha das amostras. Sem a Interaves não teria sido possível realizar o estudo.

Ao Sr. Fernando Correia, Administrador da Interaves, por ter acreditado no projecto e ter aceite colocar os recursos da Interaves ao nosso dispor.

Ao Dr. Marco Barros, Director Geral da Interaves, pelo apoio constante que deu ao estudo, pela sua pronta resposta às nossas solicitações, pela sua capacidade de organização e intervenção, que possibilitou um rápido e eficiente registo dos dados ao nível do matadouro.

À Eng. Carla Fino pelo eficiente e dedicado acompanhamento das aves durante as 11 semanas do estudo (desde a caponização até ao abate) no registo semanal dos pesos individuais das aves, no registo da ingestão de alimento e na gestão das aves, que impediu que a agressividade dos galos não resultasse em baixas.

À Professora Fernanda Ribeiro da Escola Superior Agrária (ESA) do Instituto Politécnico de Santarém, pelo acompanhamento das aves, pela colaboração nas administrações do Improvac, pelo apoio dado durante o abate das aves e pela disponibilização dos laboratórios da ESA para a determinação da cor das amostras.

À Zooetis, na pessoa do Dr. Joaquim Alves, pelo apoio dado ao pedido de financiamento para o estudo, que foi positivamente diferido a nível internacional e possibilitou a realização do vasto número de análises realizadas no estudo e sem as quais não teria sido possível escrever esta Dissertação.

À Doutora Susana Prazeres do Laboratório de Endocrinologia, do Instituto Português de Oncologia de Lisboa EPE, pela realização das análises de quantificação da testosterona sérica.

Ao Instituto Superior de Agronomia e à Faculdade de Medicina Veterinária pela sua contribuição na formação profissional e pessoal.

Aos meus pais pela oportunidade de me tornar Mestre, pelo amor e apoio incondicional, que foram fulcrais durante esta etapa na minha vida.

À minha irmã pela atenção, companheirismo e apoio em tudo o que faço.

Aos amigos de faculdade, Tatiana, Cátia, Filipa, Daniel e Luís pela amizade e pelos belos momentos que passamos juntos.

À Margarida, Joana e Maria João, pela amizade, pelo apoio e incentivo nas horas mais difíceis e pelos bons momentos proporcionados.

Bem hajam!

Resumo

Este estudo pretendeu avaliar o efeito de diferentes protocolos de imunocastração (diferentes número de injeções e diferentes doses) na redução da testosterona plasmática e peso testicular, e compreender as suas implicações ao nível das performances produtivas (ingestão de alimento, GMD, IC e rendimento de estiva) e na composição e qualidade da carne (pH, cor e perfil lipídico).

Nos protocolos de imunocastração testados, e apesar de não se ter verificado diminuição do peso testicular em nenhum deles, os protocolos de 4 injeções foram os mais eficientes na diminuição da testosterona sérica, seguindo-se os protocolos de 2 injeções.

Nas performances produtivas não se verificaram diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os grupos experimentais na Ingestão de Alimento, Ganho Médio Diário, Índice de Conversão e peso vivo. O grupo Capão apresentou os valores mais elevados peso de peito e asa, perda no enxugo e rendimento de peito. No peso testicular não se verificaram diferenças significativas entre o grupo Galo e o grupo Improvac.

Na composição e qualidade da carne, a análise do pH₂₄ e da cor do peito dos grupos experimentais revelou que a caponização diminui o pH₂₄ e a intensidade de vermelho (a^*) e aumenta a intensidade de amarelo (b^*) e o croma (C^*). O perfil lipídico do peito e perna revelou diferenças importantes entre os grupos experimentais. No que diz respeito ao teor de colesterol total não se verificaram diferenças significativas entre os grupos experimentais.

Palavras-chave: caponização, imunocastração, testosterona, performances produtivas, qualidade da carne.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effect of different immunocastration protocols (different number of injections and different dosage) on reduction of serum testosterone and testicular weight and understand its implications on productive performances (feed intake, average daily gain, feed conversion index and carcass yield) and on composition and quality of meat (pH, color and lipid profile).

The immunocastration protocols tested, and despite no testicular weight loss in any of the experimental groups, the 4 injection protocols were the most efficient in decreasing serum testosterone, followed by the 2 injection protocols.

There were no significant differences ($P < 0.05$) between the experimental groups in feed intake, mean daily gain, conversion index and live weight. The Capon group presented the highest values of breast and wing weight, dip loss and breast yield. In the testicular weight there were no significant differences between Rooster and Improvac group.

In composition and quality of the meat, breast pH₂₄ and color analysis demonstrated that caponization decreased pH₂₄ and red intensity (a *) and increased the intensity of yellow (b *) and chroma (C *). The fatty acid profile of the breast and leg meat portions reveal some important differences between the experimental groups. Regarding the total cholesterol content, there were no significant differences between the experimental groups. Immunocastration seems to negatively influence the distribution of vitamin E in the breast, which does not happen in the leg.

Keywords: caponization, immunocastration, testosterone, productive performances, meat quality.

Índice Geral

Agradecimentos.....	II
Resumo.....	IV
Abstract	V
Índice de figuras	IX
Índice de tabelas	X
Abreviaturas	XII
1 Introdução	1
2 Revisão bibliográfica	2
2.1 Capão.....	2
2.1.1 Breve preambulo histórico	2
2.1.2 Produção de Capão.....	2
2.1.3 Capão de Freamunde	3
2.1.4 Efeito da caponização sobre o comportamento e fenótipo das aves.....	3
2.1.5 Efeito da caponização sobre as características produtivas	4
2.1.6 Efeito da caponização sobre as características da carne.....	4
2.2 Métodos de castração	5
2.2.1 Castração cirúrgica	5
2.2.2 Castração química	7
2.3 Qualidade da carne	9
2.3.1 Propriedades físico-químicas da carne	9
2.3.2 Composição da fracção lipídica da carne	10
3 Materiais e métodos	14
3.1 Instalações, animais e regime alimentar.....	14
3.2 Caponização	15
3.3 Protocolo de imunocastração.....	16
3.4 Abate	16

3.5	Parâmetros produtivos avaliados.....	17
3.6	Determinação da testosterona.....	17
3.7	Determinação do pH das amostras	17
3.8	Determinação da cor das amostras	17
3.9	Determinação do perfil de ácidos gordos	17
3.9.1	Equipamento utilizado.....	17
3.9.2	Reagentes.....	18
3.9.3	Soluções preparadas extemporaneamente	18
3.9.4	Transesterificação e extracção dos ácidos gordos	18
3.9.5	Quantificação e identificação	18
3.10	Cálculo dos índices de qualidade do perfil de ácidos gordos	19
3.10.1	Índice de Aterogenicidade.....	19
3.10.2	Índice de Trombogenicidade	19
3.10.3	Índice de Peroxibilidade	19
3.10.4	Rácio P/S	19
3.10.5	Rácio n-6/n-3	19
3.10.6	Rácio h/H.....	20
3.11	Determinação do colesterol e vitamina E.....	20
3.11.1	Equipamento utilizado.....	20
3.11.2	Reagentes.....	20
3.11.3	Soluções preparadas extemporaneamente	20
3.11.4	Extracção e saponificação	21
3.11.5	HPLC.....	21
3.11.6	Análise.....	21
3.12	Análise estatística	22
4	Resultados	23
4.1	Comparação de diferentes protocolos de imunocastração.....	23
4.1.1	Ganho Médio Diário e Índice de conversão	23

4.1.2	Pesos e rendimentos de carcaça, porções e vísceras comestíveis	23
4.1.3	pH e cor	24
4.1.4	Ácidos gordos.....	25
4.1.5	Colesterol e vitamina E	28
4.1.6	Testosterona.....	29
4.2	Comparação dos grupos Capão, Galo e Improvac	30
4.2.1	Ingestão de alimento, Ganho médio diário e Índice de conversão	30
4.2.1	Pesos e rendimentos de carcaças e suas porções e vísceras comestíveis.....	30
4.2.2	pH e Cor	31
4.2.3	Ácidos gordos.....	32
4.2.4	Colesterol e vitamina E	37
4.2.5	Testosterona.....	38
5	Discussão.....	39
5.1	Ingestão de alimento, Ganho médio diário e Índice de conversão	39
5.2	Pesos e rendimentos de carcaças e suas proporções e vísceras comestíveis	40
5.3	pH e Cor	40
5.4	Ácidos Gordos.....	42
5.5	Colesterol e vitamina E	43
5.6	Testosterona.....	43
6	Conclusão.....	44
7	Referências bibliográficas	45

Índice de figuras

Figura 1 - Em Portugal, na produção de Capão são usadas as raças autóctones: Preta Lusitânica (1), Pedrês Portuguesa (2) e Amarela (3) (Adaptado de Soares, 2005) e a raça <i>Redbro</i> (4) a nível industrial (Adaptado de Hubbard SAS, 2017).....	3
Figura 2 - Exemplar de Capão de Freamunde (Adaptado de Pinto, 2016).....	3
Figura 3 - Instrumentos utilizados na caponização cirúrgica: A-tesoura; B-bisturi; C-alargador de costelas; D-espátula; E-polipótomo; F-pinça; G-agulha e fio (Adaptado de Fino, 2015).	6
Figura 4 - Remoção dos testículos (Adaptado de Fino, 2015).	6
Figura 5 - Fenótipo que os galos (1), rinchões (2) e capões (3) apresentam aquando o abate (Adaptado de Sirri et al., 2009).	6
Figura 6 - Representação esquemática da libertação da GnRH no Hipotálamo e da sua actuação na Hipófise, que tem como consequência a libertação de LH e FSH, que actuam ao nível das gónadas, quer na produção de hormonas, quer ao nível da gametogénese (Adaptado de Brunius, 2011).	8
Figura 7 - 1- Estrutura tridimensional da GnRH endógena (A) e do seu análogo (B); 2- Análogo da GnRH (D) ligado à superfície da proteína (C); 3- Anticorpos (E) induzidos pelo Improvac ligados à GnRH endógena (F), impedindo a sua ligação aos seus receptores (G) na hipófise (Adaptado de Pfizer Animal Health, 2017).	9
Figura 8 - Estrutura química base dos tocoferóis e tocotrienóis e diferenças químicas entre homólogos (Adaptado de Quaresma et al., 2008).	13
Figura 9 - Parques para colocação das aves de acordo com os grupos utilizados neste estudo (Adaptado de Fino, 2015).	14
Figura 19 - Aparência da carne de galo (1) e da carne de capão (2) (Adaptado de Sirri et al., 2009)...	42

Índice de tabelas

Tabela 1 - Ingredientes que constituem a ração para Frango de Campo fornecida às aves.....	14
Tabela 2 - Aditivos que constituem a ração de Frango de Campo fornecida às aves.....	15
Tabela 3 - Constituição analítica da ração Frango de Campo fornecida às aves.....	15
Tabela 4 - Protocolos de imunocastração utilizados neste estudo (número de injeções, dose e frequência de administração).....	16
Tabela 5 - Comparação do Ganho Médio Diário (GMD) (g/ave/dia) e Índice de Conversão (IC) das aves de acordo com os protocolos de imunocastração.	23
Tabela 6 - Pesos e rendimentos de carcaça, porções e vísceras comestíveis (expresso em g e % de carcaça fria) de acordo com os protocolos de imunocastração.	24
Tabela 7 - Resultados da avaliação do pH ₂₄ e da cor no grupo Improvac de acordo com os protocolos de imunocastração.	25
Tabela 8 - Teor de ácidos gordos totais (AGT) (expresso em mg/g carne fresca), somatórios parciais dos ácidos gordos (expresso em g/100g de ácidos gordos), rácios e índices de qualidade nutricional na gordura intramuscular do peito do grupo Improvac de acordo com o protocolo de imunocastração....	25
Tabela 9 - Perfil de ácidos gordos (expresso em g/100g de ácidos gordos) do peito do grupo Improvac de acordo com o protocolo de administração.	26
Tabela 10 - Teor de ácidos gordos totais (AGT) (expresso em mg/g carne fresca), somatórios parciais dos ácidos gordos (expresso em g/100g de ácidos gordos), rácios e índices de qualidade nutricional da gordura intramuscular da perna do grupo Improvac de acordo com o protocolo de imunocastração...	27
Tabela 11 - Perfil de ácidos gordos (expresso em g/100g de ácidos gordos) da gordura intramuscular da perna do grupo Improvac de acordo com o protocolo de administração.....	28
Tabela 12 - Teores de colesterol total (expresso em mg/100g de carne fresca) e vitamina E (expresso em µg/g de carne fresca) no peito e perna do grupo Improvac de acordo com o protocolo de imunocastração.....	29
Tabela 13 - Comparação da concentração da testosterona sérica (expressa em ng/dl) e do peso testicular (expressa em g) das aves de acordo com o protocolo de imunocastração.	29
Tabela 14 - Comparação da Ingestão de Alimento (IA), Ganho Médio Diário (GMD) e Índice de Conversão (IC) dos grupos experimentais (Capão, Galo e Improvac).....	30
Tabela 15 - Pesos e rendimentos de carcaça, porções e vísceras comestíveis (expresso em g e % de carcaça fria) de acordo com os grupos experimentais (Capão, Galo e Improvac).	31

Tabela 16 - Resultados da análise do pH ₂₄ e da cor no peito das aves que constituem os grupos experimentais (Capão, Galo e Improvac)	32
Tabela 17 - Teor de ácidos gordos totais (AGT) (expresso em mg/g carne fresca), somatórios parciais dos ácidos gordos (expresso em g/100 g de ácidos gordos), rácios e índices de qualidade nutricional da fracção lipídica do peito nos três grupos experimentais (Capão, Galo e Improvac).	33
Tabela 18 - Perfil de Ácidos Gordos (expresso em g/100 g de ácidos gordos) do peito dos três grupos experimentais (Capão, Galo e Improvac).....	34
Tabela 19 - Teor de ácidos gordos totais (AGT) (expresso em mg/g carne fresca, somatórios parciais dos ácidos gordos (expresso em g/100 g de ácidos gordos), rácios e Índices de qualidade nutricional da fracção lipídica da perna nos três grupos experimentais (Capão, Galo e Improvac).	36
Tabela 20 - Perfil de Ácidos Gordos (expresso em g/100 g de ácidos gordos) da perna dos três grupos experimentais (Capão, Galo e Improvac).....	37
Tabela 21 - Teores de colesterol total (expresso em mg/100 g de carne fresca) e vitamina E (expresso em µg/g de carne fresca) no peito e perna dos três grupos experimentais (Capão, Galo e Improvac)..	38
Tabela 22 - Comparação da concentração da testosterona sérica (expressa em ng/dl) e do peso testicular (expresso em g) das aves do grupo Galo e do grupo Improvac de acordo com a dose total administrada às aves.....	38

Abreviaturas

% - Percentagem
[T] - Concentração de testosterona sérica
µg - Micrograma
µl - Microlitro
µm - Micrómetros
a* - Intensidade de vermelho
a.C. - Antes de Cristo
AA - Ácido araquidónico
AGs - Ácidos gordos
AGT - Ácidos gordos totais
AI - Índice de Aterogenicidade
ALA - Ácido α -linolénico
ALD - Abaixo de limiar de detecção
b* - Intensidade de amarelo
BHT - Butihidroxitolueno
C* - Croma
CIE - *Commissio Internationale de LEclairge* / Comissão Internacional de Iluminação
cm - Centímetro
D - Dose
DAD - Detector de díodo
DHA - Ácido docosaheptaenóico
DMA - Dimetilacetais
DPR - Desvio-padrão residual
EPA - Ácido eicosapentaenóico
FSH - Hormona folículo-estimulante
g - Grama
GC-FID - Cromatografia gás-líquido de detecção por ionização de chama
GLM - *General Linear Model*
GMD - Ganho médio diário
GnRH - Hormona libertadora de gonadotrofina
h/H - Rácio de hipo/hipercolesterolémico
h° - Ângulo de tonalidade
HPLC - Cromatografia líquida de alta performance
I - Injecções
I*D - Interacção injecções/dose
IC - Índice de conversão
KPa - Kilopascal
l - Litro
L* - Luminosidade
LA - Ácido linoleico
LDL - Lipoproteínas de baixa densidade
LH - Hormona luteinizante
LT - Leucotrieno
m - Metro
mg - Miligrama
Min - Minutos
ml - Milímetros
mm - Milímetros
MUFA - Ácidos gordos monoinsaturados
n - Número de animais
n6/n3 - Rácio ómega-6/ómega-3

nm - Nanómetros
°C - Graus Celsius
P - *p-value*
P/S - Rácio ácidos gordos polinsaturados/ ácidos gordos saturados
PGE - Prostaglandina
PGI - Prostaciclina
pH - Potencial de hidrogénio
pH₂₄ - pH 24 horas após o abate
PI - Índice de Peroxibilidade
PUFA - Ácidos gordos polinsaturados
R - Cadeia hidrocarbonada
rpm- Rotações por minuto
SAS - Sistema de análise estatística
SFA - Ácidos gordos Saturados
TF - Tocoferol
TI - Índice de Trombogenicidade
TT - Tocotrienol
TX - Tromboxano
 α - Alfa
 α -TTP - Proteína transportadora do α -Tocoferol
 β - Beta
 γ - Gama
 δ - Delta
 Σ - Somatório

1 Introdução

A caponização ou testectomia é um processo com mais de 2000 anos e que tem como principal objectivo melhorar as qualidades organolépticas da carne de frango. A caponização realiza-se antes das aves atingirem a maturidade sexual condicionando uma maior acumulação de gordura a nível abdominal, subcutânea e intramuscular, o que tem influência na qualidade sensorial da carne, nomeadamente, ao nível do *flavour* e da tenrura. Em Portugal, a produção de capão é característica da freguesia de Freamunde, local onde é produzido o capão com o mesmo nome e que recentemente obteve certificação de Indicação Geográfica Protegida (IGP).

Na maioria dos países onde se produz capão, inclusive Portugal, a caponização dos frangos é realizada sem recurso a anestesia ou analgesia, tornando-se uma prática dolorosa para a ave. Há semelhança do que acontece na caponização das aves, a castração dos suínos é realizada sem recurso a anestesia nem analgesia, o que suscita preocupações ao nível do bem-estar animal. Por esse motivo, nos suínos, surgiu uma alternativa à castração cirúrgica, a imunocastração. Na imunocastração, os animais são vacinados com um análogo da GnRH, desencadeando uma resposta humoral. Os anticorpos produzidos ligam-se à GnRH endógena, impedindo a sua ligação aos receptores da hipófise, o que inibe a hipófise de secretar LH e FSH. Na ausência destas duas hormonas, a produção de hormonas sexuais e gâmetas ao nível das gónadas é bloqueada.

Na produção animal, a imunocastração é realizada na suinicultura e bovinicultura com recurso às vacinas Improvac e Bopriva, respectivamente. Para as aves não existe no mercado uma vacina de imunocastração, contudo a semelhança existente entre a GnRH da galinha (*Gallus gallus domesticus*) e do suíno criou a expectativa que o Improvac poderia ser usado na imunocastração de frangos. Essa ideia foi testada com sucesso num estudo anterior, tendo-se verificado que a utilização do Improvac em frangos permitia reduzir de forma considerável os níveis de testosterona plasmática e, consequentemente, diminuir a agressividade dos frangos durante o período de crescimento, revelando-se por isso como uma alternativa à caponização. Contudo, a redução da testosterona plasmática não foi acompanhada por alterações no tamanho testicular, nem por alterações ao nível da espermatogénese, o que conjectura a não adequação da dose ou do protocolo de administração do Improvac. Por esta razão decidiu-se realizar um segundo estudo e testar outras doses (superiores) e diferentes protocolos de administração. Assim, o objectivo deste estudo é avaliar a resposta a diferentes protocolos de imunocastração (diferentes número de injeções e diferentes doses) e compreender as implicações, ao nível das performances produtivas (GMD, IC, ingestão de alimento e o rendimento de estiva), e na composição e qualidade da carne, nomeadamente, pH, cor e perfil lipídico (composição em ácidos gordos, teor total de colesterol e de vitamina E).

2 Revisão bibliográfica

2.1 Capão

2.1.1 Breve preambulo histórico

Capão é nome dado aos frangos cujos testículos foram removidos cirurgicamente (testectomia ou caponização) antes destes terem atingido a maturidade sexual (Lin et al., 2012). Este é um processo muito antigo, havendo registos desta prática com mais de 2000 anos (Winter and Funk, 1960). Acredita-se que o processo de caponização tenha surgido em Roma em 162 a.C. como resposta ao *Lex Faunia*, que proibia a engorda dos frangos por forma a poupar os cereais para a alimentação humana (Toussaint-Samat, 2009). Numa vertente mais histórica/lendária, o capão surgiu como forma de contornar a lei que impedia a existência de aves na urbe romana, já que o Cônsul Romano Caio Cânio padecia de insónias devido ao cantar madrugador dos galos, assim, com a caponização dos galos, estes tornavam-se abúlicos e passivos, deixando o cantar ativo (ACCF, 2011). O capão atingiu o seu esplendor no Renascimento, uma vez que era a comida preferida dos lordes, sobrevivendo até aos dias de hoje (Symeon et al., 2010), embora a sua produção seja realizada em pequena escala, apresente uma disponibilidade sazonal e uma distribuição geográfica característica (ACCF, 2011).

2.1.2 Produção de Capão

Na produção de capão pode ser usada qualquer raça ou estirpe (Durán, 2004). Porém, tradicionalmente utilizavam-se exclusivamente aves de raças pesadas, que atingiam pesos vivos entre os 4 e 6 kg e a carcaça possuía uma grande quantidade de gordura (Mast et al., 1981). Actualmente, para a produção de capão são usadas as raças autóctones, tal como acontece em Portugal e, particularmente, em Freamunde, onde a preferência recai sobre as raças Pedrês Portuguesa, Preta Lusitânica e Amarela e, ao nível industrial, a raça *Redbro* de pescoço coberto ou de pescoço pelado (Figura 1) (ACCF, 2011). Em geral para a produção de capão são usadas as raças de crescimento lento específicas de uma determinada região ou país, como por exemplo, a *Castella Negra* de Espanha ou a raça *Bresse* de França (Calik, 2014) ou, em alternativa, as raças intermédias, responsáveis por carcaças mais magras (Sirri et al., 2009).

Preferencialmente, a caponização é realizada entre as 6ª e 14ª semanas de vida, dependendo do tipo de raça e peso corporal do animal, que deverá ser cerca de 0,5 kg aquando a castração (Miguel et al., 2008; Rikimaru et al., 2009; Sirri et al., 2009; Calik, 2014). De acordo com o Regulamento (CE) N.º 543/2008, após a castração, os capões devem ser submetidos a um período de engorda de, pelo menos, 77 dias. Em Portugal, a alimentação dos animais nesta fase é constituída por, pelo menos, 80% de milho amarelo ou branco (partido ou inteiro), sendo os restantes alimentos farinhas oriundas da panificação, couve-galega, vegetação espontânea e sementes de cereais (ACCF, 2011).



Figura 1 - Em Portugal, na produção de Capão são usadas as raças autóctones: Preta Lusitânica (1), Pedrês Portuguesa (2) e Amarela (3) (Adaptado de Soares, 2005) e a raça *Redbro* (4) a nível industrial (Adaptado de Hubbard SAS, 2017).

2.1.3 Capão de Freamunde

O capão de Freamunde é produzido na freguesia com o mesmo nome, no concelho de Paços de Ferreira e actualmente beneficia da classificação de Indicação Geográfica Protegida (IGP). Para a produção do capão de Freamunde são utilizadas apenas raças autóctones e a raça *Redbro* (crescimento lento). A caponização dos frangos nesta região do país é uma prática ancestral, sendo o capão considerado o ex-líbris da freguesia e sendo-lhe dedicada a "Feira dos capões", institucionalizada pelo Rei D. João V em 3 de Outubro de 1719 (Figura 2) (ACCF, 2011).



Figura 2 - Exemplar de Capão de Freamunde (Adaptado de Pinto, 2016).

2.1.4 Efeito da caponização sobre o comportamento e fenótipo das aves

A ausência de testículos nos capões leva a uma redução drástica dos níveis plasmáticos de testosterona, cuja produção passa a depender exclusivamente das glândulas supra-renais (Setchell, 1993), tendo por consequência alterações comportamentais e fenotípicas, nomeadamente, a ave torna-

se menos territorial/agressiva, os seus caracteres secundários, como a crista e os barbilhões, tornam-se menos exuberantes (Winter and Funk, 1960; Chen et al., 2007; Lin et al., 2012) e a ave não vocaliza (Calik, 2014). Ao contrário do galo, que despende muita energia na protecção do território na corte e em lutas, o capão canaliza essa energia para o crescimento corporal e deposição de gordura (Rikimaru et al., 2011).

2.1.5 Efeito da caponização sobre as características produtivas

A caponização tem diversos efeitos nas taxas de crescimento (Symeon et al., 2010) e composição corporal dos animais (Cason et al., 1988), já que a diminuição drástica da testosterona, resultante da caponização, diminui a agressividade e actividade locomotora dos capões, o que contribui para melhorar a conversão alimentar, resultando em ganhos de peso e gordura superiores (Calik et al., 2015; Chen et al., 2007). Todavia, de acordo com Durán (2004), Rikimaru et al. (2009), Symeon et al. (2010) e Mahmud et al. (2013) não existem diferenças significativas entre os capões e os galos relativamente ao índice de conversão (IC).

Imediatamente após a caponização, os capões diminuem o seu ritmo de ganho de peso, devido ao *stress* decorrente desta prática, atingindo o mesmo ritmo de crescimento dos galos em 2 semanas (York and Mitchell, 1969). Depois deste período, os efeitos da caponização no crescimento dos animais não são unânimes (Cason et al., 1988). Segundo Miguel et al. (2008) não existem diferenças significativas nos pesos vivos entre os capões e os galos com 18 semanas de vida. Contudo, à mesma idade, no estudo de Welter (1976) os capões ganharam significativamente mais peso que os galos. Também Rahman et al. (2004) e Chen et al. (2006) reportaram capões significativamente mais pesados que os galos. A disparidade dos resultados acima mencionados pode ser atribuída às diferentes raças, diferentes idades aquando da caponização e diferentes idades aquando dos abates (Chen et al., 2007).

Segundo Symeon et al. (2010), os capões apresentam o músculo do peito (*pectoralis major*) significativamente mais pesado ($P < 0.05$) que os galos, estando este resultado de acordo com os resultados obtidos por Tor et al. (2002) e Miguel et al. (2008). Contrariamente ao que se verifica nos mamíferos, nas aves a testosterona inibe o desenvolvimento muscular no período pré-pubere, pelo que após a caponização e na ausência de testosterona, as aves apresentam um maior desenvolvimento muscular (Chen et al., 2007).

2.1.6 Efeito da caponização sobre as características da carne

Ao longo das últimas décadas, a avicultura sofreu uma evolução considerável e um aumento de eficiência muito significativo, consequência: 1) do investimento realizado nos pavilhões de produção; 2) na qualidade do alimento fornecido às aves nas diferentes fases produtivas e 3) no melhoramento genético das principais raças e na criação de estirpes de crescimento rápido e baixos índices de

conversão (Calik, 2014). Contudo, esta evolução conduziu a alterações metabólicas nas células musculares, culminando na deterioração da qualidade da carne (Berri et al., 2005).

Com a caponização ocorre o aumento dos depósitos de gordura abdominal (Cason et al., 1988), subcutânea e intramuscular (Tor et al., 2005), sendo que o tecido adiposo abdominal é considerado o principal depósito de gordura dos frangos (Leclercq and Whitehead, 1988). Sabendo do importante papel que a gordura tem na qualidade da carne, nomeadamente ao nível nutricional e sensorial (Webb and O'Neill, 2008), o aumento da deposição de gordura nos capões traduz-se no aumento da qualidade sensorial da carne (Miguel et al., 2008), nomeadamente, ao nível do *flavour* e da tenrura (Sirri et al., 2009). Contudo, embora a gordura desempenhe um papel importante na qualidade sensorial e, consequentemente, na preferência do consumidor (Tor et al., 2002), o aumento dos teores de gordura intramuscular decorrente da castração condiciona alterações no perfil lipídico da carne, com aumento do teor de lípidos totais e alterações no perfil de ácidos gordos (Tor et al., 2005), com possíveis implicações para a saúde humana.

2.2 Métodos de castração

2.2.1 Castração cirúrgica

A castração cirúrgica dos frangos é realizada sem qualquer anestesia ou analgesia das aves (Compassion in World farming, 2013). Os animais são sujeitos a jejum prévio de duração variável (16-24 horas), de modo a facilitar a manobra exploratória da cavidade abdominal e permitir uma melhor visualização dos testículos, tarefa que seria dificultada com os intestinos repletos de fezes (ACCF, 2011; Rikimaru et al., 2011).

O processo de caponização utiliza materiais básicos de cirurgia (Figura 3) (Calik, 2014) e compreende os seguintes passos: imobilização do frango, depena e desinfecção da zona da incisão com solução iodada (entre as últimas duas costelas), a remoção dos testículos e sutura da incisão (optativo) (Lin and Hsu, 2002; Chen et al., 2007; Rikimaru et al., 2011; Sinanoglou et al., 2011; Lin et al., 2012; Mahmud et al., 2013; Calik, 2014; Guo et al., 2016). Após a caponização, os capões são colocados num local limpo com alimento e água, que durante 5 dias veicula antibiótico por forma a reduzir as infeções bacterianas (Calik, 2014).

Em Portugal, ao nível industrial (Campoaves e Interaves), a testectomia é realizada de acordo com o método acima mencionado, todavia, para a extracção dos testículos é utilizado um instrumento cirúrgico adaptado (polipótomo) (Figura 3 e 4) (Quaresma, 2017). Tradicionalmente, a metodologia cirúrgica é diferente, sendo a incisão realizada na região por cima ou por baixo da cloaca e no fim da caponização a operadora com recurso a uma tesoura corta a crista e os barbilhões, dando origem ao Capão de Freamunde (ACCF, 2011).



Figura 3 - Instrumentos utilizados na caponização cirúrgica: A-tesoura; B-bisturi; C-alargador de costelas; D-espátula; E-polipótomo; F-pinça; G-agulha e fio (Adaptado de Fino, 2015).



Figura 4 - Remoção dos testículos (Adaptado de Fino, 2015).

A caponização dos frangos deverá ser realizada com elevada precisão, uma vez que a remoção não integral dos testículos poderá levar à sua regeneração (Calik, 2014) e desenvolvimento de massas testiculares de tamanho variável com consequente produção de hormonas sexuais, o que resulta no crescimento de uma ave com um fenótipo intermédio entre o capão e o galo e com comportamento também intermédio. Estas aves, designadas na avicultura como Rinchões, podem-se assemelhar mais ao Capão ou ao Galo, dependendo dos níveis de testosterona plasmática (Figura 5) (Sirri et al., 2009).



Figura 5 - Fenótipo que os galos (1), rinchões (2) e capões (3) apresentam aquando o abate (Adaptado de Sirri et al., 2009).

2.2.2 Castração química

A castração química consiste no tratamento dos machos com estrogénios, hormonas sexuais femininas, que inibem a acção da testosterona e a função testicular sem a destruição dos testículos (Lorenz, 1949). Este tipo de tratamento tem como principal objectivo melhorar a qualidade da carcaça, uma vez que uma das consequências decorrentes deste tratamento é o aumento do ritmo de deposição de gordura (Lorenz, 1954; Burroughs et al., 1958) quer a nível intramuscular, quer a nível abdominal, o que contribui para uma carne mais clara, tenra e succulenta (Lorenz, 1949; Burroughs et al., 1958).

Neste tipo de castração utilizam-se estrogénios sintéticos como é o caso do dietilestilbestrol que, apesar de possuir uma estrutura diferente do estradiol, consegue interagir com os receptores do mesmo e desencadear uma resposta (Edqvist and Stabenfeldt, 1993a). Os estrogénios têm consequências ao nível do hipotálamo (diminuição da GnRH), da hipófise (diminuição de LH) e dos testículos (diminuição testosterona) (Weppelman, 1984), o que culmina na supressão das características sexuais secundárias (Burroughs et al., 1958), na inibição da espermatogénese e diminuição da agressividade (Lorenz, 1954).

2.2.3 Imunocastração

Na produção de carne e particularmente na suinicultura, a castração dos machos é uma prática que tem sido realizada durante séculos, tirando partido da sua maior propensão em depositar gordura, da maior facilidade em controlar o seu comportamento (Prunier et al., 2006) e evitar que a carne apresente odores desagradáveis, como é o caso do vulgarmente conhecido "cheiro a varrasco" (European Commission, 2010). Contudo, a castração nos suínos é uma prática que é normalmente realizada sem recurso a anestesia ou analgesia, o que levanta preocupações ao nível do bem-estar animal por ser uma intervenção dolorosa mesmo quando realizada em animais muito jovens. Por esta razão, existe o compromisso da União Europeia em banir a castração cirúrgica a partir de Janeiro de 2018 (European Commission, 2010). Em alternativa, a castração dos animais pode ser conseguida através de métodos imunológicos (Prunier et al., 2006).

A imunocastração consiste na vacinação dos animais contra a hormona libertadora de gonadotrofina (GnRH) (Brunius et al., 2011). A GnRH é um decapeptídeo (pGlu-His-Trp-Ser-Tyr-Gly-Leu-Arg-Pro-Gly-NH₂) libertado pelo hipotálamo de forma pulsátil, que regula a síntese e a secreção de duas hormonas hipofisárias essenciais à fisiologia reprodutiva: a hormona luteinizante (LH) e a hormona folículo-estimulante (FSH) (Edqvist and Stabenfeldt, 1993a; Rydhmer et al., 2010), que exercem a sua função nas gónadas (Brunius et al., 2011) (Figura 6). Nos testículos, a LH estimula as células de Leyding presentes no tecido intersticial a produzir testosterona, que é a hormona responsável pelos caracteres sexuais secundários e, por sua vez, a FSH actua ao nível das células de Sertoli presentes nos túbulos seminíferos, estimulando parcialmente a espermatogénese (Edqvist and Stabenfeldt, 1993b) e

a síntese e secreção da Inibina, que é responsável por um retrocontrole negativo, que inibe a libertação de FSH na hipófise (Edqvist and Stabenfeldt, 1993a; Setchell, 1993).

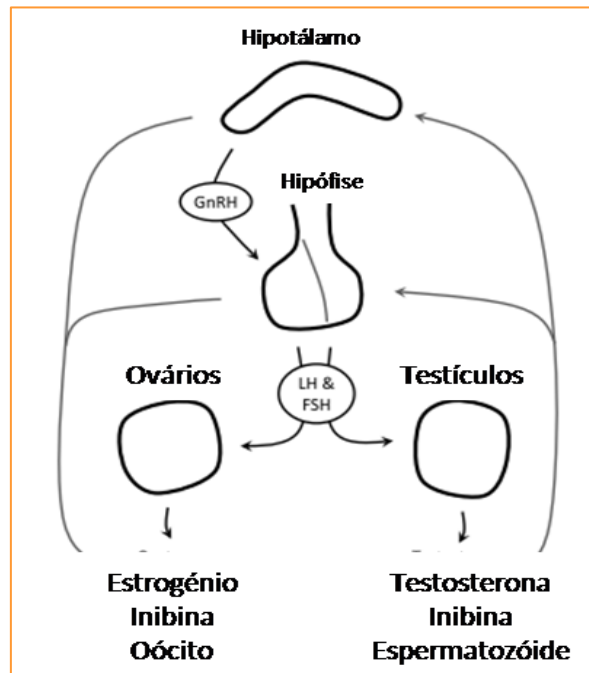


Figura 6 - Representação esquemática da libertação da GnRH no Hipotálamo e da sua actuação na Hipófise, que tem como consequência a libertação de LH e FSH, que actuam ao nível das gónadas, quer na produção de hormonas, quer ao nível da gametogénese (Adaptado de Brunius, 2011).

Actualmente a imunocastração é uma realidade na suinicultura europeia, e é também utilizada em bovinos em diferentes partes do mundo. No mercado mundial existem 2 marcas comerciais para o efeito, o Improvac destinado aos porcos e o Bopriva para os bovinos, sendo que em ambos os produtos, a vacina é constituída por um análogo da GnRH ligado a uma proteína (toxóide da Difteria) e combinado com um adjuvante aquoso (Zamaratskaia et al., 2008a; Zamaratskaia and Rasmussen, 2015) (Figura 7). A administração da vacina desencadeará uma resposta humoral à GnRH endógena (Brunius et al., 2011) e a ligação dos anticorpos à GnRH endógena não permitem que esta se ligue aos receptores membranares presentes na hipófise (Hilbe et al., 2006). Consequentemente, a hipófise deixa de secretar LH e FSH (Zamaratskaia et al., 2008b), levando à disfunção testicular (Einarsson et al., 2011), nomeadamente, ao nível da espermatogénese e produção de hormonas testiculares (Brunius et al., 2011).

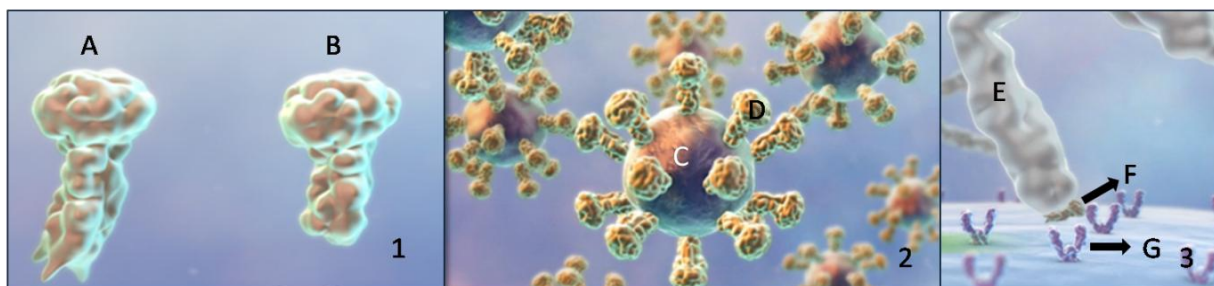


Figura 7 - 1- Estrutura tridimensional da GnRH endógena (A) e do seu análogo (B); 2- Análogo da GnRH (D) ligado à superfície da proteína (C); 3- Anticorpos (E) induzidos pelo Improvac ligados à GnRH endógena (F), impedindo a sua ligação aos seus receptores (G) na hipófise (Adaptado de Pfizer Animal Health, 2017).

2.3 Qualidade da carne

2.3.1 Propriedades físico-químicas da carne

2.3.1.1 pH

O pH da carne é um parâmetro utilizado para avaliar a qualidade da carne e está dependente das reservas de glicogénio do músculo antes do abate (Lensink et al., 2001). Isto porque, após o abate, há a conversão do glicogénio presente no músculo em ácido láctico, como resultado da mudança de metabolismo aeróbio para anaeróbio, sendo a acumulação de ácido láctico responsável pela diminuição do pH da carne. Este parâmetro da carne tem elevada importância, uma vez que condiciona a normal transformação do músculo em carne, o que interfere com outras características da carne, nomeadamente a cor, a capacidade de retenção de água (Allen et al., 1997; Young et al., 2004) e a tenrura (Froning et al., 1978; Barbut, 1993).

No processo de conversão do músculo em carne, a redução do pH do músculo leva a que sejam libertadas e activadas as proteases (Lawrie and Ledward, 2006), um exemplo disso é o sistema de calpaínas, que são proteases dependentes do cálcio, e o seu inibidor, a calpastatina (Huff-Lonergan and Lonergan, 2005; Marques et al., 2010). Durante a descida do pH, a calpastatina encontra-se ligada às calpaínas, só quando o pH desce de 6 para 5,5 é que as calpaínas se tornam activas (Dransfield, 1992) e degradam as proteínas miofibrilares (Marques et al., 2010).

2.3.1.2 Cor

A cor da carne é uma característica importante para o consumidor, uma vez que é nesta característica que o consumidor se baseia aquando da compra de carne (Qiao et al., 2001) como indicador de frescura e salubridade. Existem diversos factores que podem influenciar a cor que a carne apresenta,

designadamente, o sexo, a idade, a raça (Mugler and Cunningham, 1972), o pH (Allen et al., 1997), a alimentação e o sistema de produção (Castellini et al., 2002).

Definido pela *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE), as coordenadas de cor CIELAB é um método objectivo e quantitativo disponível para medir a cor. No espaço de cor CIELAB, o componente L* indica o valor de luminosidade, a coordenada a* representa a intensidade do vermelho e a coordenada b* representa a intensidade do amarelo. As coordenadas cromáticas, também podem ser usadas para calcular o ângulo de tonalidade (h°) e o croma (C^*). O ângulo de tonalidade corresponde ao que é vulgarmente chamado de cor, sendo função do comprimento de onda da luz reflectida, enquanto o croma indica quão pura a cor é, isto é, o grau de desvio do cinzento (Sahin, 2006). O ângulo de tonalidade depende principalmente do teor e química dos pigmentos (Renerre, 2000), enquanto o croma indica a intensidade percebida de uma determinada cor e depende principalmente da estrutura miofibrilar e do pHu da carne (Renerre, 2000).

2.3.2 Composição da fracção lipídica da carne

2.3.2.1 Teor de gordura intramuscular

A gordura intramuscular engloba todos os lípidos presentes no músculo, estando dividida em duas principais fracções: estrutural (fosfolípidos e colesterol) e reserva energética (triacilgliceróis). Os triacilgliceróis encontram-se predominantemente armazenados nos adipócitos e representam uma reserva de energia para o corpo (Scollan et al., 2006). A sua acumulação nos adipócitos resulta de uma excessiva ingestão de energia por parte do organismo (Cordain et al., 2005). Por seu turno, os fosfolípidos são elementos estruturais das membranas celulares e subcelulares (Kremmyda et al., 2011).

O teor de fosfolípidos no músculo não é constante, podendo variar de acordo com o perfil de fibras musculares presentes no mesmo. Isto é, o diâmetro da fibra muscular influencia o rácio membrana citoplasmática/citoplasma, sendo este rácio maior quando a fibra é mais fina e é nesta situação que se verifica um maior teor de fosfolípidos e colesterol. As fibras musculares por ordem crescente de diâmetro são: fibras do tipo I (fibras oxidativas), fibras do tipo IIA (fibras intermédias ou oxidoglicolíticas) e fibras tipo IIB (fibras glicolíticas). Deste modo, as fibras do tipo I (fibras oxidativas) apresentam maior teor de fosfolípidos e colesterol relativamente às fibras do tipo IIB (fibras glicolíticas), enquanto que as fibras do tipo IIA (fibras intermédias ou oxidoglicolíticas) apresentam um teor de fosfolípidos e colesterol intermédios (Vestergaard et al., 2000). Para além disso, as fibras tipo I são caracterizadas por apresentarem maiores reservas de triacilglicerol, que usam para produzir energia através do metabolismo oxidativo (Alasnier et al., 1996; Klont et al., 1998).

Face ao exposto, o teor total de gordura intramuscular depende essencialmente das reservas de triacilgliceróis, que está dependente de vários factores como, a raça, idade, dieta, manejo dos animais e tipo de músculo (Scollan et al., 2006).

2.3.2.2 Ácidos gordos

Os ácidos gordos são biologicamente importantes, por participarem na organização estrutural das membranas celulares (fosfolípidos), por serem uma fonte de energia (triacilgliceróis) e pelos efeitos biológicos que desencadeiam (Quintas et al., 2008). Estruturalmente, os ácidos gordos são ácidos carboxílicos com uma estrutura RCOOH, contendo um grupo metil, uma cadeia hidrocarbonada (R) e um grupo carboxílico (Tvrzicka et al., 2011). A cadeia hidrocarbonada poderá ser saturada (SFA), isto é, quando possui apenas ligações simples, ou insaturada, quando possui ligações duplas. O grau de insaturação depende do número de ligações duplas que apresenta, sendo que para a presença de uma ligação dupla é utilizado o termo monoinsaturado (MUFA) e para a presença de duas ou mais ligações duplas é utilizado o termo polinsaturado (PUFA) (Ratnayake and Galli, 2009; FAO, 2010).

A gordura, especialmente a gordura animal, tem sido objecto de muita preocupação e debate, uma vez que quando consumida em excesso é associada a riscos para algumas doenças crónicas (FAO, 2010), o que levou a Organização Mundial de Saúde a desenvolver uma série de directrizes relativamente à gordura na dieta (WHO, 2003), sendo de destacar o aconselhamento na redução da ingestão de SFA e o encorajamento no aumento da ingestão de n-3PUFA (Scollan et al., 2006).

Os SFA na dieta são conhecidos por aumentarem o colesterol e as lipoproteínas de baixa densidade (LDL), contudo esse efeito não está associado a todos os SFA, recaindo essa função hipercolesterolémica essencialmente sobre o ácido mirístico (C14:0) e o ácido palmítico (C16:0) (FAO, 2010). O ácido esteárico (C18:0), também pertencente aos SFA, é considerado neutro, uma vez que não aumenta o colesterol e é rapidamente convertido em ácido oleico *in vivo* (WHO, 2003; Scollan et al., 2006). O ácido oleico é o principal ácido gordo do grupo MUFA e juntamente com os PUFA diminuem o colesterol e as LDL, embora os PUFA sejam mais eficazes nesta diminuição (Kris-Etherton, 1999; FAO, 2010).

No grupo PUFA, o ácido α -linolénico (C18:3n-3), também conhecido como ALA, e o ácido linoleico ou LA (C18:2n-6) são ácidos gordos essenciais, pelo que a sua presença na dieta é importante (Simopoulos, 2004; FAO, 2010). O ALA é precursor dos ácidos eicosapentaenóico (EPA) e docosahexaenóico (DHA), dois ácidos gordos da família n-3PUFA que são precursores de alguns eicosanóides, nomeadamente, prostaglandina (PG) E₃, tromboxano (TX) A₃, prostaciclina 3 (PGI) e leucotrieno (LT) B₅ (Simopoulos, 2002; FAO, 2010). Nos últimos anos, o EPA e o DHA têm sido alvo de bastante interesse, uma vez que são conhecidos por reduzirem o risco de doenças cardiovasculares, devido aos seus efeitos anti-aterogénico, anti-trombótico e anti-inflamatório (Hunty, 1995; Simopoulos, 2004; Givens et al., 2006; Givens and Gibbs, 2008). Já na família n-6 PUFA, o ácido

araquidônico (AA), produzido a partir do LA, é também precursor de alguns eicosanóides, nomeadamente prostaglandina (PG) E₂, tromboxano (TX) A₂, prostaciclina (PGI) 2 e leucotrieno (LT) B₄ (James et al., 2000; Simopoulos, 2002; FAO, 2010) que estão associadas a doenças cardiovasculares, inflamações e cancro (Simopoulos, 1997; Simopoulos, 2002; Simopoulos, 2004).

O processo de alongamento e insaturação dos ácidos gordos das famílias n-3 e n-6 está dependente das mesmas enzimas (Simopoulos, 2004; FAO, 2010). O excesso de n-6 PUFA na dieta humana faz com que as referidas enzimas sejam predominantemente usadas no alongamento e insaturação dos ácidos gordos da família n-6 em detrimento da família n-3 (Givens and Gibbs, 2008; FAO, 2010). Assim, os eicosanóides predominantes nas células são PGE₂, TX₂, PGI₂ e LTB₄, cujos efeitos na saúde humana estão associados ao desenvolvimento de patologias várias (FAO, 2010).

2.3.2.3 Colesterol

O colesterol é um esterol essencial para todos os mamíferos (Orczewska-Dudek et al., 2012), uma vez que é um componente estrutural das membranas celulares e subcelulares, para além disso, é usado como substrato para a síntese de outras substâncias esteróides, como por exemplo a vitamina D, ácidos biliares e hormonas esteróides (estradiol, progesterona e testosterona) (Dietschy, 1984; Valenzuela et al., 2004).

Nas membranas celulares, o colesterol ajuda a criar uma barreira semipermeável entre compartimentos celulares, para além de participar em processos de sinalização transmembranar e regulação da sua fluidez (Ikonen, 2008), através do incremento do grau de orientação e redução da taxa de movimento da cadeia hidrocarbonada dos fosfolípidos, tornando a membrana menos fluida (Yeagle, 1985).

Os mamíferos obtêm o colesterol através da biossíntese (pelo fígado) ou pela dieta, no caso dos carnívoros (Valenzuela et al., 2004). Os alimentos de origem animal são a principal fonte de colesterol da dieta humana (Leonarduzzi et al., 2002), pelo que vários trabalhos têm sido realizados para estimar o conteúdo em colesterol dos tecidos animais, desde que se descobriu uma associação entre o colesterol sérico e as doenças cardiovasculares. O teor de colesterol da carne pode variar de acordo com a espécie, a raça, o músculo, mas essa variação depende essencialmente da composição em fibras e proporção das diferentes fibras que compõem o músculo (Chizzolini et al., 1999).

2.3.2.4 Vitamina E

O termo vitamina E é usado para designar uma família de oito moléculas com estrutura homóloga (Schneider, 2005; Daley et al., 2010), que estão agrupadas em duas famílias: os tocoferóis e os tocotrienóis. Estruturalmente, os tocoferóis e os tocotrienóis são compostos por um anel cromanol e uma cadeia lateral de dezasseis átomos de carbono (Ratnayake and Galli, 2009). Estas duas famílias diferenciam-se pela cadeia lateral, uma vez que os tocoferóis apresentam uma cadeia lateral saturada com três centros quirais nos carbonos 2, 4 e 8, enquanto os tocotrienóis possuem uma cadeia lateral

com ligações duplas nas posições 3', 7' e 11' (Wang and Quinn, 1999; Schneider, 2005). Tanto os tocoferóis como os tocotrienóis possuem quatro homólogos naturais designados por α -, β -, γ - e δ -, que diferem no número e posição dos grupos metil no anel cromanol (Figura 8).

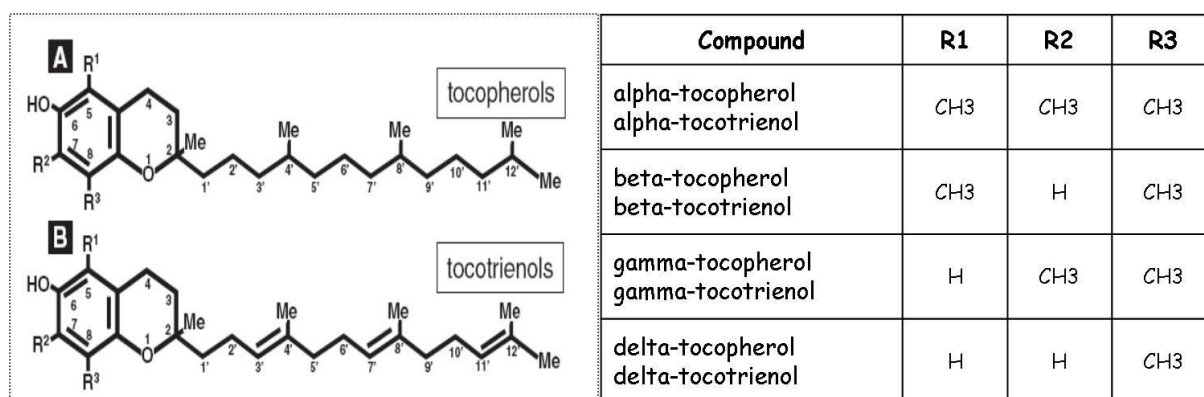


Figura 8 - Estrutura química base dos tocoferóis e tocotrienóis e diferenças químicas entre homólogos (Adaptado de Quaresma et al., 2008).

Todas as formas de vitamina E que ocorrem naturalmente apresentam propriedades antioxidantes relativamente semelhantes (Traber and Atkinson, 2007). As propriedades antioxidantes da vitamina E permitem a manutenção da integridade dos ácidos gordos polinsaturados de cadeia longa presentes nas membranas celulares (Traber and Atkinson, 2007), protegendo as células do efeito dos radicais livres, que são prejudiciais e podem contribuir para o desenvolvimento de doenças crónicas, como o cancro e doenças cardiovasculares (Daley et al., 2010).

O fígado é considerado o principal local de regulação do metabolismo e deposição de vitamina E (Yoshida et al., 1992; Hosomi et al., 1998). A proteína hepática (α -TTP) medeia uma secreção preferencial de α -tocoferol na corrente sanguínea, relativamente aos restantes tococromanóis (Kayden and Traber, 1993; Traber, 1994), tornando o α -tocoferol, o homólogo da vitamina E, amplamente distribuído e biologicamente mais activo (Schneider, 2005).

3 Materiais e métodos

3.1 Instalações, animais e regime alimentar

O presente estudo teve a duração de 11 semanas e foi realizado num pavilhão na Abrigada, concelho de Alenquer, propriedade da Interaves. O pavilhão foi dividido em parques (Figura 9), por forma a ser possível os animais ficarem separados e para não haver erros na recolha dos dados. Cada parque possuía material de cama (casca de arroz), comedouros com alimento concentrado e sistema de pipetas para fornecimento de água às aves. Para este estudo foram recolhidos aleatoriamente de um bando comercial destinado à produção de frango do campo 80 frangos (*Redbro*, Hubbard SAS, Quintin, France) com 5 semanas de idade e 1,2 kg de peso vivo, que foram distribuídos em três grupos experimentais: grupo Improvac (30 aves), grupo Capão (25 aves) e o grupo Galo (25 aves). As aves foram alimentadas *ad libitum* com uma ração para Frango de Campo da Valouro (Tabela 1, 2 e 3) e diariamente foi avaliado o alimento consumido.



Figura 9 - Parques para colocação das aves de acordo com os grupos utilizados neste estudo (Adaptado de Fino, 2015).

Tabela 1 - Ingredientes que constituem a ração para Frango de Campo fornecida às aves.

Ingredientes
Milho
Bagaço de Soja Extratado
Trigo
Carbonato de Cálcio
Óleo e Gordura Vegetal
Fosfato Mono cálcico
Cloreto de Sódio
Bicarbonato de Sódio

Tabela 2 - Aditivos que constituem a ração de Frango de Campo fornecida às aves.

Aditivos			Por kg
Antioxidantes	E321	Butilhidroxitolueno (BHT)	120 mg
Corantes	E161h	Zeaxantina	8.5 mg
	E161b	Luteína	29.8 mg
Vitaminas	E672	Vitamina A	9240 UI
	E671	Vitamina D3	2128 UI
Oligoelementos	E1	Ferro (Sulfato Ferroso Heptahidratado)	80 mg
	E2	Iodo (Iodeto de Potássio)	1.0 mg
	E4	Cobre (Sulfato Cúpricopentahidratado)	10 mg
	E5	Manganês (Óxido Manganoso)	101 mg
	E6	Zinco (Óxido de Zinco)	81 mg
	F8	Selênio (Selenito de Sódio)	0.40 mg
	3c307	Análogo Hidroxilado de Metionina	1.2 g
Aminoácidos		Total de ácidos	1.1 g
		Ácido Monómero	0.8 g
		4a19 6-Fitase EC3.1.3.26	490 FTU
		4a8 Endo-1,4-beta-xilanase EC 3.2.1.8	15994 BXU

Tabela 3 - Constituição analítica da ração Frango de Campo fornecida às aves.

Constituintes analíticos	(% MS)
Proteína Bruta	17.0
Cinza Bruta	4.9
Fibra Bruta	4.0
Matéria Gorda Bruta	3.3
Lisina	0.82
Cálcio	0.80
Fósforo	0.46
Metionina	0.46
Sódio	0.16

3.2 Caponização

Das 80 aves aleatoriamente alocadas ao estudo, dois dias antes da data prevista para a caponização, 25 aves foram escolhidas aleatoriamente para integrar o grupo Capão, tendo sido colocadas em gaiolas sem material de cama e sem acesso a alimento, apenas com água à disposição. O processo de caponização foi realizado de acordo com o protocolo da indústria avícola. A zona entre as últimas duas costelas foi depenada e desinfetada com solução iodada (Betadine, Mundipharma, Basileia, Suíça) e realizou-se uma incisão entre as costelas. De seguida colocou-se um alargador de costelas e realizou-se a testectomia com recurso ao polipótomo. Posteriormente a incisão foi desinfetada e suturada.

3.3 Protocolo de imunocastração

Na imunocastração utilizou-se uma solução injectável (IMPROVAC®, Zoetis, França), composta por um análogo da GnRH endógena. As 30 aves alocadas ao grupo Improvac foram aleatoriamente distribuídas por 6 grupos, cada um sujeito a um protocolo de imunocastração diferente, com 2 doses de Improvac (0,5 e 1,0 ml) e 3 protocolos de administração (1, 2 ou 4 administrações) (Tabela 4). A administração do Improvac foi realizada subcutaneamente na zona por trás do pescoço e de acordo com a informação expressa na tabela.

Tabela 4 - Protocolos de imunocastração utilizados neste estudo (número de injeções, dose e frequência de administração).

Dose	Número de administrações		
	1	2	4
0,5	5 ¹	5 ¹	5 ¹
1,0	5 ¹	5 ¹	5 ¹
Frequência de administração	Dia da caponização	1ª e 6ª semana do estudo	1ª, 4ª, 7ª e 10ª semana do estudo

¹ Número de animais imunocastrados

A utilização do Improvac baseou-se na semelhança existente entre a GnRH dos suínos e as duas isoformas detectadas nas aves, diferindo a GnRH-I num aminoácido e a GnRH-II em dois aminoácidos (King and Millar, 1982; Miyamoto and Hasegawa, 1984), e num estudo anterior, onde a utilização de Improvac reduziu em 70% o teor de testosterona (Quaresma, 2017).

3.4 Abate

As aves com 16 semanas de idade foram colocadas em gaiolas e transportadas para um matadouro acreditado. Após a chegada ao matadouro, as aves foram pesadas (Peso vivo) e suspensas na linha de abate. O abate das aves iniciou-se com a sua insensibilização, seguida de degola manual e recolha do sangue para posterior análise dos níveis de testosterona sérica. De seguida, as aves foram escaldadas e depenadas, a cabeça e as patas foram cortadas. A evisceração foi realizada de forma manual, sendo que as vísceras comestíveis (fígado, coração e moela) foram embaladas individualmente em sacos de plástico previamente numerados e pesadas. As carcaças quentes foram pesadas e encaminhadas para o túnel de refrigeração, onde permaneceram até atingirem 4°C. Após este período, as carcaças foram novamente pesadas (carcaças frias) e realizou-se a desmancha das mesmas. As pernas, asas e peitos foram pesados e embalados em sacos de plásticos previamente identificados.

3.5 Parâmetros produtivos avaliados

Os animais foram pesados semanalmente para se determinar os principais parâmetros produtivos (Índice de conversão e Ganho médio diário) de acordo com as seguintes equações:

$$\text{GMD} = \frac{\text{Ganho de peso da semana (kg)}}{7 \text{ (dias)}} \quad \text{IC} = \frac{\text{Consumo total de alimento da semana (kg)}}{\text{Ganho de peso da mesma semana (kg)}}$$

3.6 Determinação da testosterona

O sangue foi recolhido para tubos S-Monovette (SARSTEDT, Alemanha) após a degola das aves, permanecendo 1 hora a temperatura ambiente. Após este período foram colocados a temperatura de refrigeração durante 24 horas, realizando-se de seguida a pipetagem do soro. A quantificação dos teores séricos de testosterona foi realizada utilizando um imuno-ensaio enzimático quimioluminescente em fase sólida (Immulite 2000, Siemens).

3.7 Determinação do pH das amostras

A determinação do pH foi realizada nas amostras de peito 24h após o abate (pH₂₄). Na medição deste parâmetro foi utilizado um potenciômetro portátil HI9023 (HANNA Instruments, Itália). Este equipamento era constituído por um eléctrodo de perfuração FC230B (HANNA Instruments, Itália). Em cada amostra foram realizadas duas medições de pH, sendo o valor de pH utilizado o valor da média aritmética dessas duas medições.

3.8 Determinação da cor das amostras

A determinação da cor do músculo *pectoralis major* foi realizada com recurso a um colorímetro Minolta CR 300 colorimeter (Konica Minolta Holdings Inc., Tokyo, Japan). Antes da realização da medição da cor, as amostras estiveram exposta ao ar durante uma hora, de modo a permitir a oxigenação da carne. Realizou-se duas medições consecutivas de cor para cada amostra, sendo que o valor obtido é resultado da média aritmética das duas medições.

3.9 Determinação do perfil de ácidos gordos

3.9.1 Equipamento utilizado

- Banho-maria (GFL, 1083)

- Vórtex (Heidolph, Multireax)
- Viais de GC
- Centrífuga (Sigma, modelo 6K10)
- Tubos de vidro borosilicado (Kimax de 16 ml)

3.9.2 Reagentes

- Metanol (MerckBiosciences, Alemanha)
- Sulfato de Sódio anidro (MerckBiosciences, Alemanha)
- Ácido sulfúrico (MerckBiosciences, Alemanha)
- Hidróxido de potássio (MerckBiosciences, Alemanha)

3.9.3 Soluções preparadas extemporaneamente

- Solução de hidróxido de potássio em água, 10N KOH
- Solução de ácido sulfúrico em água, 24N (12M) H₂SO₄
- Padrão interno - C19:0 (0,5 mg/ml em metanol)

3.9.4 Transesterificação e extracção dos ácidos gordos

Para se proceder à extracção dos ácidos gordos recorreu-se à técnica descrita por O'Fallon et al. (2007). Pesou-se 1 g de amostra fresca para tubos de vidro borosilicado. De seguida, adicionou-se 0,5 ml de padrão interno, 0,7 ml de solução hidróxido de potássio e 5,3 ml de metanol. O banho-maria foi o passo seguinte. Aqui os tubos permaneceram 1h 30 min a 55 °C agitando-se em vórtex (5 segundos) de 20 em 20 minutos. Após isto, os tubos foram arrefecidos em água fria e adicionou-se 0,58 ml de solução ácido sulfúrico, agitou-se energeticamente os tubos no vórtex até ao aparecimento de precipitado. Incubou-se, novamente, em banho-maria a 55 °C durante 1h 30 min, agitando-se em vórtex (5 segundos) de 20 em 20 minutos. Posteriormente, centrifugou-se (5 minutos a 1500g) retirou-se a fase de hexano para um novo tubo, que já continha 0,5 g de sódio anidro. Os novos tubos foram novamente centrifugados (5 minutos a 1500g) e a fase de hexano transferida para viais de GC, que foram armazenadas a -20°C até à realização da cromatografia gasosa.

3.9.5 Quantificação e identificação

Na quantificação e identificação dos ácidos gordos foi usado um cromatógrafo gasoso com detector de ionização por chama (GC-FID), tendo sido utilizado um equipamento Shimadzu GC2010-plus (Shimadzu, Kyoto, Japão) com uma coluna capilar (Surpawax 280, 10m x 0,10 mm x 0,10 µm, Teknokroma, Barcelona, Espanha). O gás de arraste utilizado foi o hélio a pressão constante de 296,7 KPa. O volume de amostra injectado foi de 1µl. A temperatura do forno foi programada para iniciar a

120 °C, aumentou a 35 °C/min até aos 175 °C (mantida durante 0,5 min) e, finalmente aumentou a 70 °C/min até aos 260 °C (mantida durante 6 minutos). O injectador e o detector foram mantidos a 280 °C. A identificação dos ácidos gordos foi realizada através da comparação dos tempos de retenção obtidos com os tempos de retenção dos ácidos gordos padrão (Mistura de 37 ácidos gordos; Supelco Inc., Bellefont, PA, USA), tendo-se realizado, em caso de dúvida, confirmação por electrospectrometria de massa.

3.10 Cálculo dos índices de qualidade do perfil de ácidos gordos

3.10.1 Índice de Aterogenicidade

O Índice de Aterogenicidade (AI) foi calculado de acordo com Ulbricht and Southgate (1991), tal como indica a equação seguinte: $AI = (C12:0 + 4 \times C14:0 + C16:0) / [\sum MUFA + \sum (n-6) + \sum (n-3)]$

3.10.2 Índice de Trombogenicidade

O Índice de Trombogenicidade (TI) foi estimado também de acordo com o estipulado por Ulbricht and Southgate (1991), como é apresentado na seguinte equação: $TI = (C14:0 + C16:0 + C18:0) / [(0.5 \times \sum MUFA + 0.5 \times (n-6) + 3 \times (n-3) + (n-3)/(n-6)]$

3.10.3 Índice de Peroxibilidade

O Índice de Peroxibilidade (PI) foi calculado de acordo com a seguinte equação, tal como propôs Arakawa and Sagai (1986): $(\% \text{ monoenóico} \times 0.025) + (\% \text{ dienóico} \times 1) + (\% \text{ trienóico} \times 2) + (\% \text{ tetraenóico} \times 4) + (\% \text{ pentaenóico} \times 6) + (\% \text{ hexaenóico} \times 8)$

3.10.4 Rácio P/S

O rácio P/S foi calculado de acordo com a seguinte equação: $P/S = [(18:2n-6) + (18:3 n-3)/(14:0 + 16:0 + 18:0)]$ (British Department of Health, 1994).

3.10.5 Rácio n-6/n-3

O rácio n-6/n-3 foi calculado de acordo com a seguinte equação: $n-6/n-3 = [(\sum n-6)/(\sum n-3)]$ (British Department of Health, 1994).

3.10.6 Rácio h/H

O rácio Hipo/hipercolesterolémico (h/H) foi calculado de acordo com a seguinte equação: $[(C18:1n-9 + C18:2n-6 + C18:3n-3 + C20:4n-6 + C20:5n-3 + C22:5n-3 + C22:6n-3)/(C14:0 + C16:0)]$ (Santos-Silva et al., 2002).

3.11 Determinação do colesterol e vitamina E

3.11.1 Equipamento utilizado

- Balança (Gilbertini, E42)
- Vórtex (Heidolph, Multireax)
- Banho-maria com agitação (GFL, 1083)
- Centrífuga (Sigma, modelo 6K10)
- Filtros de seringa hidrofóbicos 0,45 µm (GHP Acrodisc, LifeSciences)
- Seringa de vidro (*Originali*Leber, Itália)
- Viais de cromatografia de cor âmbar (VWR com 1,5 ml)
- Tubos de vidro borosilicado (Kimax de 16 ml)

3.11.2 Reagentes

- Ácido ascórbico (MerckBiosciences, Alemanha)
- Água ultra-pura (MiliQ, Tipo I)
- n-Hexano p.a (MerckBiosciences, Alemanha)
- Etanol absoluto (99.8% puro; AGA, Portugal)
- Butylated hydroxytoluene(BHT; Merck Biosciences, Alemanha)
- Sulfato sódio anidro (MerckBiosciences, Alemanha)
- Azoto Grau R (Gasin, Portugal)

3.11.3 Soluções preparadas extemporaneamente

- Solução de saponificação: solução KOH (Merck,) 11% (w/v) em etanol absoluto 55% (v/v) e água ultra-pura 45% (v/v)
- Solução de n-Hexano com antioxidante (BHT na concentração de 25 mg/l)
- Solução móvel para HPLC (1% de Isopropanol em n-Hexano)

3.11.4 Extracção e saponificação

O método utilizado para a técnica de saponificação e extracção foi o método descrito por Prates et al. (2006). Em tubos de vidro borosilicado (com volume de 16 ml) pesaram-se 0,75g de carne fresca. Nos mesmos tubos foram adicionados 0,20 g de ácido ascórbico e 5,5 ml de solução de saponificação, agitando-se os tubos de imediato, de modo a evitar a aglomeração dos fragmentos da amostra. Posteriormente, o ar dos tubos foi substituído por azoto e os tubos agitados novamente até à dissolução completa do ácido ascórbico. Colocou-se os tubos em banho-maria a 80 °C com agitação a 200 rpm, durante 15 minutos e arrefeceu-se em água fria durante 1 minuto. De seguida foi adicionado 1,5 ml de água destilada e 3 ml de n-hexano, agitando-se vigorosamente no vórtex durante 2 minutos. A centrifugação (5 minutos a 1500g) foi o passo seguinte. Decorridos os 5 minutos, aspirou-se a fase superior (contendo o n-hexano) para novos tubos de vidro borosilicado aos quais se adicionou 0,10 g de sulfato sódio anidro. Os tubos foram agitados em vórtex durante 10 segundos e o conteúdo líquido foi transferido para uma seringa de vidro acoplada a um filtro de seringa hidrófobo que foi usado para filtrar o n-hexano que foi transferido para os vials âmbar. Estes foram depois armazenados numa caixa a -20 ° C até conclusão das análises

3.11.5 HPLC

Equipamento

- Agilent série 1100 composto por: uma bomba quaternária (Agilent G1311A); desarejador solvente (Agilent G1322A); um compartimento de colunas termostaticado com arrefecimento (Agilent, G1316A); um amostrador automático (Agilent, G1313A); um detector UV-Vis de fotodíodos (Agilent G1315A) e um detector de fluorescência (Agilent G1321A)
- Software HP ChemStation for LC 3D (Rev. A.09.01, Agilent Technologies Inc., Palo Alto, CA, USA).

Reagentes

- Fase móvel de hexano: hexano-isopropanol (99:1) com um fluxo de 1.0 ml/min

3.11.6 Análise

A análise simultânea do colesterol e dos tococromanóis nas amostras foi realizada com recurso a uma coluna de sílica de fase normal (ZorbaxRx-Stil com a pré-coluna analítica 12.5mm, 4.6 mm ID x 25 cm, com tamanho de partícula 5µm, Agilent Technologies Inc., Palo Alto, CA, USA), um detector de fluorescência para tococromanóis (excitação a um comprimento de onda de 295 nm e emissão a 325

nm) e um detector UV-Vis de díodos (DAD) para detecção de colesterol a um comprimento de onda de 202 nm. O tempo de corrida foi de 17 minutos e a temperatura da coluna foi ajustada aos 20 °C. Dependendo dos compostos analisados e de modo a que as áreas dos picos dos cromatogramas estivessem dentro do intervalo de valores usado na construção da curva de calibração, o volume de injeção poderia ser entre 20-100 µl. Para a quantificação dos compostos utilizou-se o método do padrão externo, recorrendo à curva de calibração previamente realizada.

3.12 Análise estatística

A análise estatística dos dados do presente estudo foi realizada a dois tempos: 1) os dados referentes aos diferentes protocolos de imunocastração foram analisados usando o proc-mixed GLM (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), considerando o número de injeções, a dose administrada e a interação do número de injeções com a dose administrada; 2) os dados dos 3 grupos experimentais (Capão, Galo e Improvac) foram submetidos à análise de variância (ANOVA), considerando o tipo de animal como único factor e utilizando um procedimento GLM (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

4 Resultados

A apresentação dos resultados do presente estudo será realizada a dois tempos. No subcapítulo 4.1 intitulado "Comparação de diferentes protocolos de imunocastração" serão apresentados os resultados obtidos pelos diferentes protocolos de imunocastração testados para os parâmetros avaliados no presente estudo. Já no subcapítulo 4.2 intitulado "Comparação dos grupos Capão, Galo e Improvac" serão apresentados os resultados obtidos pelos três grupos experimentais (Capão, Galo e Improvac) nos parâmetros avaliados.

4.1 Comparação de diferentes protocolos de imunocastração

4.1.1 Ganho Médio Diário e Índice de conversão

A avaliação do Ganho Médio Diário (GMD) e do Índice de Conversão (IC) do grupo Improvac de acordo com o protocolo de imunocastração não revelou efeito significativo do número de injeções, da dose ou interação do número de injeções com a dose nos parâmetros avaliados (Tabela 5).

Tabela 5 - Comparação do Ganho Médio Diário (GMD) (g/ave/dia) e Índice de Conversão (IC) das aves de acordo com os protocolos de imunocastração.

	1 Injeção		2 Injeções		4 Injeções		Estatística		
	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0	I	D	I*D
GMD	46 ± 9	47 ± 9	49 ± 9	46 ± 9	46 ± 9	41 ± 9	0,89	0,75	0,91
IC	3,2 ± 8	7,8 ± 8	-11,3 ± 8	0,5 ± 8	13 ± 8	-0,4 ± 8	0,27	0,90	0,27

A diferentes supraescritos na mesma linha correspondem diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$).

4.1.2 Pesos e rendimentos de carcaça, porções e vísceras comestíveis

A avaliação dos pesos e rendimentos de carcaça, porções e vísceras comestíveis do grupo Improvac de acordo com o protocolo de imunocastração (Tabela 6) revelou não haver efeito significativo do número de injeções nem da dose administrada (ou interação entre as duas variáveis) nos parâmetros avaliados.

Tabela 6 - Pesos e rendimentos de carcaça, porções e vísceras comestíveis (expresso em g e % de carcaça fria) de acordo com os protocolos de imunocastração.

Pesos	1 Injecção		2 Injecções		4 Injecções		DPR	I	D	I*D
	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0				
Peso vivo	4774	4886	5144	4595	4924	4432	574,6	0,744	0,162	0,387
Carcaça Quente	4092	4148	4445	3884	4170	3730	502,3	0,619	0,106	0,375
Carcaça Fria	4065	4118	4414	3858	4130	3705	496,2	0,599	0,108	0,381
Porções										
Peito	848,4	799,2	938,8	785,0	809,6	843,6	144,0	0,304	0,819	0,383
Perna	1800	1859	1984	1736	1732	1696	264,3	0,452	0,453	0,450
Asa	383,6	389,2	408,8	365,0	366,8	371,2	38,62	0,515	0,442	0,311
Gordura Abdominal	59,91	63,85	40,38	55,33	73,96	57,02	34,13	0,512	0,960	0,591
Fígado	51,59	52,36	50,95	41,85	60,92	46,32	15,19	0,570	0,190	0,529
Coração	23,85	22,06	22,53	21,01	22,97	21,16	4,246	0,817	0,293	0,997
Moela	31,17	29,47	28,61	25,39	28,23	32,38	6,247	0,434	0,913	0,406
Rendimentos (%)										
Carcaça Quente	85,7	84,9	86,4	84,5	84,8	84,0	2,9	0,683	0,279	0,910
Perda no enxugo	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5	0,888	0,444	0,476
Peito	20,8	19,2	21,2	20,3	19,6	23,8	3,7	0,597	0,695	0,187
Perna	44,4	45,2	45,0	45,3	41,6	47,2	5,4	0,959	0,284	0,499
Asa	9,6	9,4	9,2	9,5	8,8	10,2	1,1	0,945	0,235	0,271
Gordura Abdominal	1,8	1,4	1,0	1,5	1,8	1,4	0,8	0,569	0,743	0,339
Fígado	1,0	1,4	1,2	1,0	1,4	1,2	0,5	0,700	1,000	0,341
Coração	0,8	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,5	0,840	0,928	0,742
Moela	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0	0,4	0,708	0,905	0,486

A diferentes supraescritos na mesma linha correspondem diferenças estatisticamente significativas (P<0,05).

4.1.3 pH e cor

Na Tabela 7 encontram-se representados os resultados da avaliação do pH 24 horas (pH₂₄) após o abate e da cor. O número de injeções tem uma influência significativa (P<0,05) sobre o pH₂₄ da carne, sendo que o valor mais elevado deste parâmetro corresponde ao protocolo quatro injeções (pH médio de 5,77). Embora não se tenha verificado efeito dos factores (injecção e dose) ou a interacção entre eles sobre os parâmetros colorimétricos, em termos médios, a luminosidade (L*) apresentou um valor de 54,9, a intensidade de vermelho (a*) de 4,13, a intensidade de amarelo (b*) de 9,60, o croma (C*) de 10,6 e o ângulo de tonalidade (h°) de 25,0.

Tabela 7 - Resultados da avaliação do pH₂₄ e da cor no grupo Improvac de acordo com os protocolos de imunocastração.

	1 Injeção		2 Injeções		4 Injeções		DPR	I	D	I*D
	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0				
pH ₂₄	5,73	5,69	5,70	5,69	5,75	5,78	0,05	0,01	0,56	0,24
L*	53,7	55,6	54,5	54,9	55,5	53,9	1,75	0,99	0,72	0,10
a*	3,51	3,86	3,70	4,54	4,82	4,37	1,15	0,65	0,19	0,90
b*	9,33	10,9	9,29	9,59	9,86	8,65	3,34	0,83	0,86	0,65
C*	10,2	11,7	10,3	10,6	10,8	9,79	2,99	0,89	0,80	0,64
h°	22,0	21,4	26,0	27,4	26,1	27,1	11,3	0,54	0,89	0,98

A diferentes supraescritos na mesma linha correspondem diferenças estatisticamente significativas (P<0,05).

4.1.4 Ácidos gordos

O protocolo de imunocastração, independentemente do número de injeções e da dose usada, não influenciou significativamente os somatórios e raios dos ácidos gordos que constituem a gordura intramuscular do peito (Tabela 8), não se observando também interação estatística significativa. Por outro lado, nos índices de qualidade dos ácidos gordos verificou-se o efeito da dose (P=0,04) no Índice de Aterogenicidade (AI), com os protocolos de dose 0,5 ml a apresentar os valores mais elevados neste índice. No índice Hipo/hipercolesterolémico (h/H) verificou-se uma tendência estatística (0,05<P<0,10) no efeito da dose, tendo a dose 1,0 ml apresentado os valores mais elevados neste índice.

Tabela 8 - Teor de ácidos gordos totais (AGT) (expresso em mg/g carne fresca), somatórios parciais dos ácidos gordos (expresso em g/100g de ácidos gordos), raios e índices de qualidade nutricional na gordura intramuscular do peito do grupo Improvac de acordo com o protocolo de imunocastração.

Peito	1 Injeção		2 Injeções		4 Injeções		DPR	I	D	I*D
	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0				
Σ AGT	32,1	24,7	30,9	26,4	31,4	33,7	11,7	0,69	0,49	0,65
Σ SFA	29,0	28,5	29,9	28,8	29,4	28,6	1,36	0,68	0,14	0,89
Σ MUFA	35,3	38,0	37,1	36,4	36,2	39,0	5,22	0,90	0,43	0,75
Σ PUFA	27,6	25,5	26,7	26,5	27,4	26,6	3,80	0,95	0,47	0,86
Σ n6-PUFA	24,2	22,1	23,5	22,6	23,4	22,8	2,29	0,99	0,17	0,73
Σ n3-PUFA	3,36	3,38	3,21	3,91	4,04	3,83	1,92	0,80	0,81	0,88
Σ DMA	4,16	3,72	3,84	4,00	3,46	2,61	1,48	0,46	0,94	0,36
PUFA/SFA	0,64	0,60	0,65	0,59	0,64	0,64	0,07	0,81	0,28	0,67
n-6/n-3	10,3	7,35	10,2	7,47	6,69	6,94	4,79	0,57	0,33	0,71
h/H	2,65	2,87	2,66	2,84	2,70	2,81	0,23	0,99	0,07	0,86
AI	0,37	0,35	0,37	0,35	0,37	0,36	0,03	0,90	0,04	0,80
TI	0,70	0,69	0,73	0,68	0,68	0,65	0,11	0,68	0,43	0,93
PI	64,9	59,5	58,1	65,9	65,0	62,2	19,1	0,98	0,98	0,76

A diferentes supraescritos na mesma linha correspondem diferenças estatisticamente significativas (P<0,05).

O perfil de ácidos gordos do peito (Tabela 9) revelou apenas haver efeito da dose ($P=0,03$) no teor do ácido linoleico (C18:2n-6), tendo os protocolos com dose 0,5 ml apresentado os valores mais elevados (17,4 g/100 g de ácidos gordos *versus* 16,1 g/100 g de ácidos gordos). O ácido linoleico é o principal PUFA desta porção, sendo responsável por 15,6-17,9% do total de ácidos gordos e 58,9-65,3% do total de PUFA.

Tabela 9 - Perfil de ácidos gordos (expresso em g/100g de ácidos gordos) do peito do grupo Improvac de acordo com o protocolo de administração.

Ácidos Gordos	1 Injecção		2 Injecções		4 Injecções		DPR	I	D	I*D
	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0				
C12:0	0,60	0,31	0,43	0,38	0,59	0,56	0,25	0,36	0,21	0,43
C14:0	0,46	0,39	0,42	0,40	0,46	0,59	0,13	0,12	0,83	0,21
C15:0	0,23	0,08	0,21	0,27	0,23	0,25	0,19	0,54	0,77	0,47
C16:0	21,2	20,2	21,7	20,1	21,2	20,7	1,76	0,94	0,15	0,81
C17:0	0,12	0,11	0,13	0,10	0,10	0,12	0,03	0,91	0,47	0,31
C18:0	6,23	7,13	6,72	7,23	6,52	6,11	0,82	0,26	0,27	0,21
C20:0	0,25	0,31	0,31	0,32	0,29	0,31	0,07	0,64	0,28	0,73
C16:1	3,89	3,01	3,38	3,08	3,58	4,08	0,93	0,41	0,53	0,27
C14:1cis-9	0,10	0,05	0,07	0,07	0,13	0,12	0,06	0,11	0,36	0,69
C17:1cis-9	0,31	0,24	0,24	0,20	0,24	0,25	0,11	0,55	0,45	0,67
C18:1cis-9	31,0	34,7	33,4	33,0	32,3	34,5	4,57	0,96	0,30	0,66
C18:2n-6	17,2	15,9	17,9	15,6	17,1	16,7	1,50	0,86	0,03	0,43
C20:2n-6	0,20	0,20	0,19	0,20	0,16	0,12	0,06	0,09	0,77	0,71
C20:3n-6	0,27	0,37	0,29	0,34	0,30	0,31	0,10	0,95	0,20	0,61
C20:4n-6	5,41	4,83	4,17	5,15	4,83	4,66	1,84	0,85	0,91	0,68
C22:4n-6	0,86	0,58	0,73	0,90	0,76	0,72	0,27	0,74	0,64	0,24
C22:5n-6	0,29	0,22	0,21	0,34	0,22	0,21	0,13	0,64	0,72	0,32
C18:3n-3	0,60	0,70	0,70	0,66	0,75	0,82	0,24	0,44	0,63	0,85
C20:3n-3	0,06	0,05	0,01	0,05	0,01	0,14	0,10	0,37	0,34	0,23
C20:5n-3	1,14	1,30	1,38	1,86	1,88	1,27	1,45	0,80	0,99	0,71
C22:5n-3	0,70	0,64	0,50	0,62	0,70	0,72	0,28	0,53	0,80	0,78
C22:6n-3	0,86	0,71	0,62	0,76	0,70	0,89	0,33	0,78	0,64	0,48
DMA16	3,10	2,70	2,08	2,97	2,61	1,82	1,18	0,44	0,82	0,33
DMA18	0,66	0,63	0,46	0,63	0,51	0,50	0,23	0,38	0,66	0,63
DMA18:1	0,40	0,40	0,29	0,40	0,34	0,30	0,17	0,55	0,76	0,66

A diferentes supraescritos na mesma linha correspondem diferenças estatisticamente significativas ($P<0,05$).

A avaliação da gordura intramuscular da perna do grupo Improvac de acordo com o protocolo de imunocastração (Tabela 10) revelou apenas haver efeito da dose no somatório SFA, tendo a dose 0,5 ml contribuído para um significativo aumento do somatório de SFA (30 g/100g de ácidos gordos *versus* 29 g/100g de ácidos gordos). Por outro lado, não se verificou efeito do número de injeções, da dose ou interação entre estes dois factores nos rácios dos ácidos gordos, tendo-se apenas verificado uma tendência estatística ($0,05<P<0,10$) no efeito da dose no rácio Hipo/hipercolesterolémico (h/H) com a dose 1,0 ml a apresentar os valores mais elevados. No caso dos índices de qualidade verificou-se uma tendência estatística ($0,05<P<0,10$) no efeito da dose no Índice de Aterogenicidade (AI), com a dose 0,5 ml a apresentar os valores mais elevados.

Tabela 10 - Teor de ácidos gordos totais (AGT) (expresso em mg/g carne fresca), somatórios parciais dos ácidos gordos (expresso em g/100g de ácidos gordos), rácios e índices de qualidade nutricional da gordura intramuscular da perna do grupo Improvac de acordo com o protocolo de imunocastração.

Perna	1 Injecção		2 Injecções		4 Injecções		DPR	I	D	I*D
	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0				
Σ AGT	40,1	40,4	40,4	40,1	42,5	38,8	12,2	0,99	0,81	0,92
Σ SFA	29,6	28,6	29,7	29,3	29,7	28,7	0,95	0,73	0,04	0,77
Σ MUFA	40,9	44,2	40,0	41,7	41,8	43,0	2,86	0,50	0,10	0,71
Σ PUFA	27,1	25,1	27,8	26,5	26,2	26,0	2,52	0,67	0,27	0,72
Σ n6-PUFA	24,6	23,1	25,5	23,7	23,4	23,6	2,30	0,65	0,26	0,62
Σ n3-PUFA	2,50	2,05	2,31	2,86	2,81	2,46	0,85	0,60	0,80	0,51
Σ DMA	1,02	0,85	1,09	1,19	1,04	1,08	0,36	0,54	0,96	0,74
PUFA/SFA	0,75	0,73	0,76	0,74	0,73	0,75	0,08	0,98	0,78	0,82
n-6/n-3	10,3	11,6	11,0	8,48	8,72	12,1	3,58	0,81	0,62	0,29
h/H	2,76	2,95	2,76	2,87	2,75	2,95	0,21	0,91	0,06	0,90
AI	0,36	0,33	0,35	0,35	0,36	0,33	0,02	0,90	0,07	0,79
TI	0,72	0,70	0,73	0,69	0,70	0,69	0,05	0,85	0,31	0,87
PI	48,5	44,9	49,2	48,9	48,0	47,2	6,88	0,81	0,59	0,85

A diferentes supraescritos na mesma linha correspondem diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$).

O perfil de ácidos gordos da gordura intramuscular da perna do grupo Improvac de acordo com o protocolo de imunocastração (Tabela 11) revelou uma tendência estatística ($0,05 < P < 0,10$) no efeito da dose no ácido oleico (C18:1cis-9), tendo a dose 1,0 ml apresentado os valores mais elevados.

Tabela 11 - Perfil de ácidos gordos (expresso em g/100g de ácidos gordos) da gordura intramuscular da perna do grupo Improvac de acordo com o protocolo de administração.

Ácidos Gordos	1 Injecção		2 Injecções		4 Injecções		DPR	I	D	I*D
	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0				
C12:0	0,11	0,09	0,17	0,19	0,11	0,14	0,07	0,17	0,83	0,75
C14:0	0,54	0,50	0,53	0,53	0,55	0,50	0,08	0,97	0,27	0,82
C15:0	0,06	0,06	0,07	0,08	0,07	0,08	0,03	0,33	0,69	0,82
C16:0	21,9	21,1	21,7	21,3	22,0	20,8	1,24	0,98	0,13	0,86
C17:0	0,17	0,15	0,16	0,21	0,17	0,26	0,11	0,58	0,41	0,54
C18:0	6,48	6,39	6,73	6,63	6,48	6,45	0,86	0,85	0,83	0,99
C20:0	0,32	0,36	0,29	0,34	0,32	0,30	0,11	0,84	0,65	0,75
C16:1	4,91	4,55	4,64	4,73	4,89	4,69	0,77	0,99	0,63	0,86
C14:1cis-9	0,11	0,10	0,16	0,12	0,12	0,15	0,07	0,52	0,71	0,62
C17:1cis-9	0,14	0,15	0,19	0,21	0,18	0,18	0,05	0,15	0,61	0,99
C18:1cis-9	35,8	39,4	35,0	36,6	36,6	38,0	2,68	0,45	0,06	0,61
C18:2n-6	20,7	19,4	21,0	20,0	20,2	19,9	1,73	0,87	0,25	0,79
C20:2n-6	0,17	0,13	0,20	0,17	0,10	0,10	0,08	0,08	0,44	0,85
C20:3n-6	0,30	0,31	0,61	0,36	0,32	0,34	0,20	0,24	0,35	0,38
C20:4n-6	2,81	2,64	3,24	2,77	2,24	2,71	0,79	0,43	0,86	0,47
C22:4n-6	0,46	0,43	0,32	0,28	0,35	0,36	0,14	0,16	0,71	0,95
C22:5n-6	0,17	0,16	0,19	0,11	0,22	0,14	0,14	0,92	0,31	0,84
C18:3n-3	1,02	0,78	0,92	0,99	1,04	0,86	0,35	0,94	0,42	0,70
C20:3n-3	0,09	0,12	0,27	0,05	0,07	0,12	0,15	0,68	0,44	0,20
C20:5n-3	0,50	0,07	0,14	0,93	0,48	0,37	0,59	0,70	0,73	0,16
C22:5n-3	0,23	0,22	0,31	0,33	0,26	0,27	0,12	0,29	0,91	0,97
C22:6n-3	0,67	0,86	0,68	0,57	0,96	0,85	0,43	0,44	0,95	0,68
DMA16	0,68	0,54	0,78	0,82	0,72	0,74	0,28	0,40	0,78	0,80
DMA18	0,21	0,23	0,24	0,28	0,24	0,24	0,09	0,70	0,54	0,92
DMA18:1	0,13	0,08	0,07	0,10	0,07	0,10	0,05	0,57	0,94	0,24

A diferentes supraescritos na mesma linha correspondem diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$).

4.1.5 Colesterol e vitamina E

Os resultados da análise do colesterol total e vitamina E no peito e perna do grupo Improvac de acordo com o protocolo de imunocastração são apresentados na Tabela 12. Não existe efeito do número de injeções, da dose ou interação entre estes dois factores no teor de colesterol total do peito e da perna dos diferentes protocolos de Imunocastração. Por outro lado, no peito verificou-se haver um efeito significativo ($P < 0,0001$) do número de injeções no teor de γ -TF e γ -TT, tendo-se verificado que uma injeção de 0,5 ml contribui de forma significativa para o aumento no teor de ambos os tococromanóis (0,11 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca *versus* 0,05 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca, 1,34 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca *versus* 0,79 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca). No caso da perna verificou-se um efeito da dose ($P = 0,01$) no teor de γ -TF e uma tendência estatística ($0,05 < P < 0,10$) para o efeito do número de injeções no teor de γ -TT.

Tabela 12 - Teores de colesterol total (expresso em mg/100g de carne fresca) e vitamina E (expresso em µg/g de carne fresca) no peito e perna do grupo Improvac de acordo com o protocolo de imunocastração.

Peito	1 Injecção		2 Injecções		4 Injecções		DPR	I	D	I*D
	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0				
CHR	49,0	58,4	49,0	49,5	48,8	49,0	0,04	0,39	0,30	0,40
α-TF	3,69	4,25	4,00	4,62	4,21	4,29	0,78	0,59	0,16	0,70
γ-TF	0,11 ^a	0,06 ^b	0,05 ^b	0,04 ^b	0,05 ^b	0,05 ^b	0,02	<0,0001	0,004	0,003
γ-TT	1,34 ^a	0,81 ^b	0,76 ^b	0,78 ^b	0,78 ^b	0,80 ^b	0,14	<0,0001	0,003	0,0001
Perna										
CHR	33,0	41,0	39,0	41,0	39,8	40,0	0,03	0,58	0,21	0,46
α-TF	6,85	9,55	7,51	9,39	8,59	7,58	1,41	0,85	0,06	0,06
γ-TF	0,16 ^a	0,10 ^b	0,15 ^{a,b}	0,12 ^{a,b}	0,12 ^{a,b}	0,12 ^{a,b}	0,03	0,47	0,01	0,11
γ-TT	1,46	1,20	1,52	1,47	1,66	1,54	0,25	0,08	0,15	0,67

A diferentes supraescritos na mesma linha correspondem diferenças estatisticamente significativas (P<0,05).

4.1.6 Testosterona

A concentração sérica da testosterona e o peso dos testículos das aves, de acordo com o protocolo de imunocastração, são apresentados na Tabela 13. Existe um efeito significativo (P<0,0001) do número de injeções na concentração sérica de testosterona, tendo-se verificado que uma injeção de Improvac, independentemente da dose, não é suficiente para diminuir de forma acentuada a concentração de testosterona, ao contrário dos restantes protocolos de imunocastração. Nos pesos dos testículos não se verificou efeito significativo (P>0,05) do número de injeções nem da dose, também não se verificou interacção entre o número de injeções e a dose (P>0,05), não havendo, por isso, diferenças nos pesos testiculares entre os protocolos de imunocastração.

Tabela 13 - Comparação da concentração da testosterona sérica (expressa em ng/dl) e do peso testicular (expressa em g) das aves de acordo com o protocolo de imunocastração.

	1 Injecção		2 Injecções		4 Injecções		DPR	I	D	I*D
	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0				
[Testosterona]	311	278	33,2	55,8	25,7	30,3	109	<0,0001	0,96	0,85
Testículos	35,3	42,9	39,0	36,8	38,3	40,4	10,5	0,95	0,53	0,60

A diferentes supraescritos na mesma linha correspondem diferenças estatisticamente significativas (P<0,05).

4.2 Comparação dos grupos Capão, Galo e Improvac

Os resultados obtidos na avaliação dos diferentes protocolos de imunocastração, apresentados no capítulo anterior, revelaram diferenças pontuais sem nenhum padrão consistente, pelo que se decidiu unificar os dados de todos os protocolos e prosseguir as análises com os grupos Capão e Galo.

4.2.1 Ingestão de alimento, Ganho médio diário e Índice de conversão

Os resultados obtidos na avaliação da Ingestão de alimento (IA), Ganho Médio Diário (GMD) e Índice de Conversão (IC) não revelaram diferenças significativas entre os três grupos experimentais (Capão, Galo e Improvac) (Tabela 14).

Tabela 14 - Comparação da Ingestão de Alimento (IA), Ganho Médio Diário (GMD) e Índice de Conversão (IC) dos grupos experimentais (Capão, Galo e Improvac).

	Capão	Galo	Improvac	<i>P</i>
IA (g/dia/ave)	202 ± 12,7	220 ± 12,7	197 ± 12,7	0,420
GMD (g/dia/ave)	53 ± 8	50 ± 8	46 ± 8	0,820
IC	4,41 ± 2	1,23 ± 2	3,13 ± 2	0,533

A diferentes supraescritos na mesma linha correspondem diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$).

4.2.1 Pesos e rendimentos de carcaças e suas porções e vísceras comestíveis

Os resultados do peso vivo, peso de carcaça quente e carcaça fria e os pesos e rendimentos das porções da carcaça e vísceras comestíveis dos grupos em comparação encontram-se representados na Tabela 15. O peso vivo das aves apresentou diferenças significativas ($P = 0,038$) entre os três grupos, isto é, o grupo Capão apresentou aves com o maior peso vivo (5245 g), sendo significativamente superior ao apresentado pelo grupo Improvac (4830 g), enquanto que o grupo Galo apresentou peso vivo intermédio (5132 g), não diferindo significativamente dos outros grupos.

Apesar de não se verificarem diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os grupos nos pesos de carcaça quente e nos pesos de carcaça fria, observou-se uma tendência estatística ($0,05 < P < 0,10$) em ambos os parâmetros, com o grupo Capão a apresentar os valores mais elevados (4390 e 4389 g, respectivamente), o grupo Galo valores intermédios (4388g e 4384 g, respectivamente) e o grupo Improvac os valores mais baixos (4116g e 4084 g, respectivamente)

Tabela 15 - Pesos e rendimentos de carcaça, porções e vísceras comestíveis (expresso em g e % de carcaça fria) de acordo com os grupos experimentais (Capão, Galo e Improvac).

Pesos	Capão	Galo	Improvac	Estatística	
				DPR	P
Peso vivo	5245 ^a	5132 ^{a,b}	4830 ^b	547,8	0,038
Carcaça Quente	4390	4388	4116	478,4	0,086
Carcaça Fria	4389	4384	4084	471,8	0,060
Porções					
Peito	1060 ^a	941,7 ^{a,b}	839,2 ^b	137,9	<0,0001
Perna	1819	1965	1803	232,3	0,070
Asa	419,2 ^a	394,4 ^{a,b}	381,3 ^b	32,65	0,002
Gordura Abdominal	80,83	51,62	57,59	36,32	0,059
Fígado	60,87	52,00	51,10	13,52	0,069
Coração	26,78	25,27	22,47	5,857	0,055
Moela	30,93	28,41	29,23	5,236	0,382
Rendimentos (%)					
Carcaça Quente	84,5	85,8	85,2	7,2	0,864
Perda no enxugo	1 ^a	0,9 ^b	0,9 ^b	0,4	<0,0001
Peito	24,4 ^a	21,4 ^b	20,7 ^b	3,2	0,003
Perna	41,9	44,9	44,4	48,5	0,179
Asa	9,6	9,0	9,4	0,9	0,149
Gordura Abdominal	1,7	1,2	1,5	0,8	0,124
Fígado	1,3	1,0	1,2	0,4	0,132
Coração	0,7	0,9	0,7	0,4	0,180
Moela	1,0	0,9	0,9	0,3	0,278

A diferentes supraescritos na mesma linha correspondem diferenças estatisticamente significativas (P<0,05).

No que diz respeito aos pesos das porções da carcaça e vísceras comestíveis, o peito e a asa apresentaram diferenças significativas (P<0,05). O grupo Capão foi aquele que apresentou aves com o peito e a asa mais pesados (1060 g e 419,2 g, respectivamente) e significativamente diferentes dos pesos apresentados pelo grupo Improvac. A perna, a gordura abdominal, o fígado e o coração apresentaram uma tendência estatística (0,05<P<0,10), com o grupo Galo a apresentar o peso mais elevado na perna (1965 g) e o grupo Capão a apresentar os valores mais elevados de gordura abdominal (80,83 g), fígado (60,87 g) e coração (26,78 g).

Quanto aos rendimentos, a perda no enxugo e o peito apresentaram diferenças significativas (P<0,05). O grupo Capão foi aquele que apresentou os valores mais elevados nestes dois parâmetros e significativamente diferente dos restantes grupos.

4.2.2 pH e Cor

Neste estudo foram realizadas 160 medições de pH 24 horas após o abate (pH₂₄), correspondentes a 80 amostras, uma vez que em cada amostra o pH₂₄ foi medido em duplicado (Tabela 16). Os valores de pH₂₄ apresentaram diferenças muito significativas (P<0,0001) entre os três grupos experimentais, tendo o grupo Galo apresentado o valor de pH (5,83) mais elevado.

No que diz respeito aos parâmetros colorimétricos, a intensidade de vermelho (a^*), a intensidade de amarelo (b^*) e o croma (C^*) apresentaram diferenças significativas ($P=0,02$; $P=0,001$; $P=0,01$ respectivamente) entre os grupos. O grupo Capão apresentou uma maior intensidade de amarelo e de croma, sendo que o valor de b^* é significativamente superior ($P<0,05$) ao dos outros grupos, e o valor de C^* é significativamente superior ao do grupo Galo. Por outro lado, o grupo Galo apresentou a intensidade de vermelho mais elevada de todos os grupos. Por fim, a luminosidade (L^*) e o ângulo de tonalidade (h°) não apresentaram diferenças significativas ($P>0,05$)

Tabela 16 - Resultados da análise do pH_{24} e da cor no peito das aves que constituem os grupos experimentais (Capão, Galo e Improvac) .

	Capão	Galo	Improvac	Estatística	
				DPR	P
pH_{24}	5,77 ^b	5,83 ^a	5,72 ^b	0,06	<0,0001
L^*	54,5	54,0	54,7	1,89	0,46
a^*	3,28 ^b	4,51 ^a	3,95 ^{a,b}	1,21	0,02
b^*	11,9 ^a	7,98 ^b	9,60 ^b	2,83	0,001
C^*	12,5 ^a	9,33 ^b	10,6 ^{a,b}	2,66	0,01
h°	22,7	31,0	24,9	13,3	0,19

A diferentes supraescritos na mesma linha correspondem diferenças estatisticamente significativas ($P<0,05$).

4.2.3 Ácidos gordos

A análise do peito (Tabela 17) nos três grupos experimentais revelou o grupo MUFA como o principal grupo de ácidos gordos (AGs), representado 36,6-38,4% do total de AGs, seguindo-se os SFA (29,1-31,4% do total de AGs) e os PUFA (25,2-26,7% do total de AGs). A maioria dos PUFA pertence à família n-6.

Na análise dos somatórios dos principais grupos (SFA, MUFA, PUFA e DMA), famílias (n-3 e n-6 PUFA) de ácidos gordos, nos rácios (PUFA/SFA, n-6/n-3 e h/H) e nos índices de qualidade nutricional (AI, TI e PI) observaram-se diferenças significativas no teor de SFA ($P=0,004$), no teor de n-3PUFA ($P=0,01$), no rácio h/H ($P=0,03$) e em todos os índices de qualidade nutricional ($P<0,05$). O grupo Capão apresentou um teor mais elevado de SFA e teor inferior de n-3PUFA comparativamente aos restantes grupos. Por outro lado, o grupo Improvac apresentou o teor mais elevado de n-3PUFA e o menor teor de SFA dos três grupos em comparação, enquanto o grupo Galo apresentou valores intermédios destes dois parâmetros, não diferindo significativamente dos restantes grupos experimentais. O grupo Capão apresentou o valor mais elevado no Índice de Aterogenicidade (AI) e no Índice de Trombogenicidade (TI) (0,40 e 0,83, respectivamente) e o valor mais baixo no rácio Hipo/hipercolesterolémico (h/H) e no Índice de Peroxibilidade (PI), sendo todos eles significativamente diferentes dos obtidos pelo grupo Improvac, enquanto o grupo Galo apresentou

valores intermédios em todos os índices, e não significativamente diferentes dos observados nos outros grupo experimentais.

Tabela 17 - Teor de ácidos gordos totais (AGT) (expresso em mg/g carne fresca), somatórios parciais dos ácidos gordos (expresso em g/100 g de ácidos gordos), rácios e índices de qualidade nutricional da fracção lipídica do peito nos três grupos experimentais (Capão, Galo e Improvac).

Peito	Capão	Galo	Improvac	Estatística	
				DPR	P
Σ AGT	30,9	29,8	30,1	9,79	0,95
Σ SFA	31,4 ^a	29,8 ^{a,b}	29,1 ^b	1,94	0,004
Σ MUFA	36,6	38,4	37,0	5,34	0,66
Σ PUFA	25,7	25,2	26,7	3,30	0,34
Σ n6-PUFA	23,4	22,6	23,1	2,44	0,67
Σ n3-PUFA	2,26 ^b	2,60 ^{a,b}	3,60 ^a	1,40	0,01
Σ DMA	2,78	3,04	3,43	1,34	0,27
PUFA/SFA	0,63	0,61	0,63	0,07	0,67
n-6/n-3	10,9	9,95	8,22	4,17	0,13
h/H	2,52 ^b	2,64 ^{a,b}	2,75 ^a	0,25	0,03
AI	0,40 ^a	0,38 ^{a,b}	0,36 ^b	0,04	0,04
TI	0,83 ^a	0,75 ^{a,b}	0,69 ^b	0,11	0,001
PI	50,5 ^b	54,2 ^{a,b}	62,4 ^a	14,3	0,04

A diferentes supraescritos na mesma linha correspondem diferenças estatisticamente significativas (P<0,05).

O perfil de ácidos gordos é composto por 22 ácidos gordos (AGs), dos quais 7 saturados (SFA), 4 monoinsaturados (MUFA) e 11 polinsaturados (PUFA). Também foram detectados 3 dimetilacetais (DMA) (Tabela 18).

No grupo SFA, o ácido palmítico (C16:0) e o ácido esteárico (C18:0) são os ácidos gordos (AGs) principais do grupo, representando no seu conjunto 94,6-95,4% do total de SFA dos grupos experimentais. Estes dois AGs foram os únicos a apresentarem diferenças significativas (P<0,05) entre os grupos experimentais, tendo o grupo Capão apresentado um teor de ácido palmítico (22,5 g/100g de ácidos gordos) significativamente superior (P=0,03) ao do grupo Improvac, com o grupo Galo a apresentar um valor intermédio e não significativamente diferente dos outros grupos, e um teor de ácido esteárico (7,44 g/100g de ácidos gordos) significativamente superior (P=0,02) aos dos restantes grupos. Por outro lado, o ácido margárico (C17:0) apresentou uma tendência estatística (0,05<P<0,10), com o grupo Capão a apresentar um teor superior aos restantes grupos.

O ácido oleico (C18:1cis-9) é considerado o principal ácido gordo dos MUFA, representado 89,6-90,2% do total de MUFA nos grupos Capão, Galo e Improvac. Apenas o ácido civético (C17:1cis-9) apresentou diferenças significativas (P=0,003) entre os grupos, tendo o grupo Improvac apresentado um teor mais elevado deste ácido gordo (0,25 g/100g de ácidos gordos), que é significativamente

superior ($P<0,05$) ao do grupo Capão, mas não é significativamente diferente do teor apresentado pelo grupo Galo.

Tabela 18 - Perfil de Ácidos Gordos (expresso em g/100 g de ácidos gordos) do peito dos três grupos experimentais (Capão, Galo e Improvac).

Ácidos Gordos	Capão	Galo	Improvac	Estatística	
				DPR	P
C12:0	0,34	0,43	0,48	0,21	0,15
C14:0	0,46	0,45	0,46	0,10	0,93
C15:0	0,10	0,13	0,21	0,17	0,12
C16:0	22,5 ^a	21,6 ^{a,b}	20,9 ^b	1,77	0,03
C17:0	0,14	0,11	0,11	0,03	0,08
C18:0	7,44 ^a	6,71 ^b	6,62 ^b	0,85	0,02
C20:0	0,34	0,32	0,30	0,06	0,15
C16:1	3,37	3,30	3,53	0,83	0,59
C14:1cis-9	0,08	0,09	0,09	0,05	0,63
C17:1cis-9	0,13 ^b	0,19 ^{a,b}	0,25 ^a	0,10	0,003
C18:1cis-9	33,0	34,4	33,2	5,04	0,72
C18:2n-6	18,2	16,8	16,8	1,83	0,08
C20:2n-6	0,18	0,16	0,18	0,05	0,47
C20:3n-6	0,31	0,29	0,31	0,11	0,78
C20:4n-6	3,78	4,40	4,82	1,48	0,12
C22:4n-6	0,77	0,74	0,75	0,25	0,96
C22:5n-6	0,23	0,22	0,24	0,10	0,82
C18:3n-3	0,89 ^a	0,73 ^{a,b}	0,71 ^b	0,22	0,04
C20:3n-3	0,02	0,03	0,05	0,08	0,59
C20:5n-3	0,34 ^a	0,63 ^a	1,44 ^b	1,05	0,01
C22:5n-3	0,45 ^b	0,56 ^{a,b}	0,65 ^a	0,22	0,03
C22:6n-3	0,56	0,64	0,76	0,26	0,07
DMA-C16:0	1,97	2,28	2,52	0,96	0,24
DMA-C18:0	0,49	0,45	0,56	0,19	0,21
DMA-C18:1	0,32	0,31	0,35	0,15	0,64

A diferentes supraescritos na mesma linha correspondem diferenças estatisticamente significativas ($P<0,05$).

Ao nível dos PUFA, o ácido linoleico (C18:2n-6) e o ácido araquidónico (C20:4n-6), ambos pertencentes à família n-6, são os principais ácidos gordos (AGs) do grupo, representando no seu conjunto 55,2-60,1%, do total de PUFA. Nestes dois AGs não se observaram diferenças significativas entre grupos. Por outro lado, foram identificados 5 AGs pertencentes à família n-3 (C18:3n-3, C20:3n-3, C20:5n-3, C22:5n-3 e C22:6n-3), sendo que três deles (C18:3n-3, C20:5n-3 e C22:5n-3) apresentaram diferenças significativas ($P<0,05$) entre os grupos e um deles (C22:6n-3) apresentou tendência estatística ($0,05<P<0,10$). No caso do ácido eicosapentaenóico (C20:5n-3) ou EPA, o grupo Improvac apresentou um teor deste ácido gordo significativamente superior ($P=0,01$) aos restantes grupos. Já no ácido α -linolénico (C18:3n-3), o grupo Capão apresentou o teor mais elevado deste ácido gordo e significativamente superior ($P=0,04$) ao do grupo Improvac, tendo o grupo Galo

apresentado um valor intermédio, mas não significativamente diferente dos restantes grupos. Por fim no ácido docosapentanoico ou DPA (C22:5n-3), o grupo Improvac apresentou o teor mais elevado deste ácido gordo, sendo significativamente superior ($P=0,03$) ao teor apresentado pelo grupo Capão. Também neste ácido gordo, o grupo Galo apresentou um teor intermédio.

Nas membranas celulares existe um grupo de glicerofosfolípidos estruturais, os plasmalogénios, que quando são clivados dão origem aos Dimetilacetais (DMA) (Horrocks, 1972; Nagan and Zoeller, 2001). O peito apresentou o DMA-C16:0, DMA-C18:0 e DMA-C18:1. O grupo Improvac foi aquele que apresentou uma maior quantidade dos três DMAs (3,43 g/100 g de ácidos gordos), seguindo-se o grupo Galo (3,04 g/100 g de ácidos gordos) e, por fim, o grupo Capão (2,78 g/100 g de ácidos gordos). Contudo, as diferenças verificadas nos teores de DMA não são significativas ($P>0,05$).

Os resultados da análise da gordura intramuscular da perna nos três grupos experimentais (Improvac, Capões e Galos) demonstraram que, à semelhança do que acontece no peito, os MUFA são o principal grupo de ácidos gordos (AGs) nos três grupos em comparação, representado 42,0-42,9% do total de AGs, seguindo-se os SFA (29,2-29,6% do total de AGs) e os PUFA (25,5-26,5% do total de AGs), pertencendo maioritariamente à família n-6 (Tabela 19). Nos somatórios dos principais grupos e famílias de ácidos gordos, rácios e índices de qualidade nutricional não se observaram diferenças significativas ($P<0,05$) entre os grupos, exceção feita ao Índice de Aterogenicidade (AI) que apresentou diferenças significativas ($P=0,02$), com o grupo Capão a apresentar um valor significativamente superior ao do grupo Improvac, mas não significativamente diferente do grupo Galo, e ao Índice de Peroxibilidade (PI), que apresentou uma tendência estatística ($P=0,06$) com o grupo Improvac a apresentar o valor mais elevado.

À semelhança do que acontece no peito, o perfil de ácidos gordos da perna é composto por 22 ácidos gordos (AGs), dos quais 7 saturados (SFA), 4 monoinsaturados (MUFA), 11 polinsaturados (PUFA) e 3 dimetilacetais (DMA) (Tabela 20).

O ácido palmítico (C16:0) e o ácido esteárico (C18:0) são responsáveis por 94,1- 95,9% do total de SFA nos grupos experimentais e, contrariamente ao que acontece no peito, apenas o ácido esteárico apresentou diferenças significativas ($P=0,02$) entre os grupos, com o grupo Improvac a apresentar o teor mais elevado deste ácido gordo e significativamente diferente do apresentado pelo grupo Capão. Nos SFA, também o ácido mirístico (C14:0) e o ácido pentadecanoico (C15:0) apresentaram diferenças significativas ($P=0,02$ e $P=0,03$, respectivamente) entre os grupos experimentais, tendo o grupo Capão apresentado teores mais elevados destes AGs e significativamente diferentes dos teores apresentados pelo grupo Improvac. No caso do ácido láurico (C12:0) verificou-se uma tendência estatística ($0,05<P<0,10$) com o grupo Capão a apresentar o teor mais elevado deste ácido gordo.

Tabela 19 - Teor de ácidos gordos totais (AGT) (expresso em mg/g carne fresca, somatórios parciais dos ácidos gordos (expresso em g/100 g de ácidos gordos), rácios e Índices de qualidade nutricional da fracção lipídica da perna nos três grupos experimentais (Capão, Galo e Improvac).

Perna	Capão	Galo	Improvac	Estatística	
				DPR	P
Σ AGT	88,1	86,3	80,7	21,1	0,51
Σ SFA	29,5	29,6	29,2	1,40	0,68
Σ MUFA	42,9	42,4	42,0	2,95	0,68
Σ PUFA	25,5	25,8	26,5	2,44	0,45
Σ n6-PUFA	23,1	23,6	24,0	2,17	0,49
Σ n3-PUFA	2,37	2,17	2,46	0,80	0,57
Σ DMA	0,97	1,03	1,03	0,33	0,82
PUFA/SFA	0,75	0,72	0,74	0,08	0,74
n-6/n-3	11,3	11,4	10,7	3,69	0,79
h/H	2,72	2,78	2,84	0,20	0,18
AI	0,37 ^a	0,35 ^{a,b}	0,35 ^b	0,02	0,02
TI	0,71	0,73	0,71	0,07	0,54
PI	42,4	44,7	47,7	6,59	0,06

A diferentes supraescritos na mesma linha correspondem diferenças estatisticamente significativas (P<0,05).

Na perna, tal como sucede no peito, o ácido oleico (C18:1cis-9) não apresentou diferenças significativas (P=0,66) entre os grupos experimentais, representando 88,1-90,4% do total de MUFA. Também nos PUFA, o ácido linoleico (C18:2n-6) e o ácido araquidónico (C20:4n-6) não apresentaram diferenças significativas (P=0,82 e P=0,10 respectivamente), representando no seu conjunto 86,5%-87,5% do total de PUFA nos grupos experimentais. Nos restantes PUFA apenas o DHA (C22:6n-3) apresentou diferenças significativas (P=0,03) entre os grupos, tendo o grupo Improvac apresentado o teor mais elevado e significativamente diferente do teor do grupo Capão.

Por fim, apesar de não se verificarem diferenças significativas (P>0,05) entre os teores dos DMA nos diferentes grupos experimentais, os grupos Galo e Improvac foram os que apresentaram os teores mais elevados dos três DMA (1,03 g/100 g de ácidos gordos) comparativamente ao grupo Capão (0,97 g/100 g de ácidos gordos).

Tabela 20 - Perfil de Ácidos Gordos (expresso em g/100 g de ácidos gordos) da perna dos três grupos experimentais (Capão, Galo e Improvac).

Ácidos Gordos	Capão	Galo	Improvac	Estatística	
				DPR	P
C12:0	0,23	0,10	0,13	0,14	0,06
C14:0	0,68 ^a	0,55 ^{a,b}	0,52 ^b	0,17	0,02
C15:0	0,14 ^a	0,06 ^b	0,07 ^b	0,08	0,03
C16:0	22,3	21,9	21,5	1,33	0,20
C17:0	0,23	0,16	0,18	0,10	0,37
C18:0	5,47 ^b	6,46 ^{a,b}	6,51 ^a	1,07	0,02
C20:0	0,47	0,36	0,32	0,22	0,15
C16:1	4,65	4,70	4,73	0,74	0,95
C14:1cis-9	0,23	0,12	0,13	0,20	0,29
C17:1cis-9	0,17	0,19	0,17	0,07	0,70
C18:1cis-9	38,8	37,4	37,0	2,81	0,66
C18:2n-6	19,9	19,9	20,2	1,64	0,82
C20:2n-6	0,18	0,14	0,14	0,09	0,39
C20:3n-6	0,33	0,27	0,38	0,21	0,35
C20:4n-6	2,23	2,67	2,73	0,69	0,10
C22:4n-6	0,32	0,38	0,37	0,16	0,60
C22:5n-6	0,12	0,21	0,17	0,12	0,18
C18:3n-3	1,11	0,99	0,93	0,40	0,40
C20:3n-3	0,25	0,19	0,13	0,31	0,49
C20:5n-3	0,34	0,08	0,36	0,51	0,24
C22:5n-3	0,24	0,28	0,26	0,13	0,73
C22:6n-3	0,43 ^b	0,64 ^{a,b}	0,79 ^a	0,38	0,03
DMA16	0,60	0,68	0,70	0,21	0,34
DMA18	0,22	0,25	0,24	0,11	0,80
DMA18:1	0,15	0,10	0,09	0,10	0,24

A diferentes supraescritos na mesma linha correspondem diferenças estatisticamente significativas (P<0,05).

4.2.4 Colesterol e vitamina E

Os resultados da avaliação do colesterol total e vitamina E do peito e da perna encontram-se representados na Tabela 21. Nas duas porções avaliadas não se verificaram diferenças significativas (P>0,05) nos teores de colesterol total entre os grupos experimentais, observando-se um teor médio de colesterol total de 45,8 mg/100 g de carne fresca no peito e 38,2 mg/100 g de carne fresca na perna

Relativamente à vitamina E, nas duas porções, foram identificados 3 dos 8 possíveis tococromanóis (α -tocoferol, γ -tocoferol e γ -tocotrienol), sendo o α -tocoferol o principal tococromanol (81,7-85,8% do total de tococromanóis no peito e 82,3-83,7% do total de tococromanóis na perna). Tanto no peito como na perna observaram-se diferenças significativas (P<0,05) entre os grupos em todos os tococromanóis, exceção feita ao γ -tocotrienol que não revelou diferenças significativas (P>0,05) na perna.

Tabela 21 - Teores de colesterol total (expresso em mg/100 g de carne fresca) e vitamina E (expresso em µg/g de carne fresca) no peito e perna dos três grupos experimentais (Capão, Galo e Improvac).

Peito	Capão	Galo	Improvac	Estatística	
				DPR	P
CHR	42,1	44,7	50,7	0,11	0,06
α -TF	7,03 ^a	8,20 ^a	4,16 ^b	2,13	<0,0001
γ -TF	0,11 ^a	0,09 ^a	0,06 ^b	0,03	0,0002
γ -TT	1,24 ^a	1,26 ^a	0,87 ^b	0,40	0,003
Perna					
CHR	37,8	37,8	38,9	0,10	0,92
α-TF	5,53 ^b	6,72 ^{a,b}	8,21 ^a	2,24	0,02
γ-TF	0,08 ^b	0,06 ^b	0,13 ^a	0,04	<0,0001
γ -TT	1,03	1,38	1,47	0,63	0,11

A diferentes supraescritos na mesma linha correspondem diferenças estatisticamente significativas (P<0,05).

4.2.5 Testosterona

A concentração sérica de testosterona e o peso dos testículos das aves do grupo Galo e do grupo Improvac, de acordo com a dose total administrada às aves, são apresentados na Tabela 22. É possível verificar diferenças significativas (P<0,0001) na concentração sérica de testosterona do grupo Galo e aves administradas com uma dose total de 0,5 ml comparativamente às restantes aves do grupo Improvac, sendo que as aves administradas com uma dose total 4 ml foram as que apresentaram a maior redução de testosterona sérica. Relativamente ao peso dos testículos não se verificaram diferenças significativas (P>0,05) entre os grupos em análise.

Tabela 22 - Comparação da concentração da testosterona sérica (expressa em ng/dl) e do peso testicular (expresso em g) das aves do grupo Galo e do grupo Improvac de acordo com a dose total administrada às aves.

	Galo	Improvac				Estatística	
		0,5	1	2	4	DPR	P
[Testosterona]	394,2 ^a	311,4 ^{a,b}	155,8 ^{b,c}	42,4 ^c	30,3 ^c	140,3	<0,0001
Testículos	44,5	35,3	41,0	37,6	40,4	14,2	0,66

A diferentes supraescritos na mesma linha correspondem diferenças estatisticamente significativas (P<0,05).

5 Discussão

Considerando a concentração sérica de testosterona observada nas aves submetidas aos diferentes protocolos de imunocastração verificou-se que o protocolo com uma única injeção de Improvac não foi eficiente na diminuição da testosterona sérica. Assim sendo, neste capítulo faremos uma análise dos resultados obtidos nos protocolos de 2 e 4 injeções de Improvac, comparando os resultados obtidos com os grupos Capão e Galo.

5.1 Ingestão de alimento, Ganho médio diário e Índice de conversão

A análise da Ingestão de alimento (IA) não revelou diferenças significativas entre os grupos experimentais (Capão, Galo e Improvac). Há semelhança do que acontece no presente estudo, a inexistência de diferenças significativas na IA de capões e galos é corroborada por estudos anteriores (Lin and Hsu, 2002; Chen et al., 2005; Rikimaru et al., 2009; Mahmud et al., 2013).

A dose de Improvac aplicada (0,5 ou 1,0 ml) e o número de injeções realizadas (2 ou 4) não influenciaram de forma significativa o Ganho Médio Diário (GMD), também não se observaram diferenças significativas entre os grupos Capão e Galo. No entanto, os valores de GMD apresentados pelos grupos Capão e Galo são superiores aos valores de GMD apresentados pelos protocolos de imunocastração acima mencionados. Há semelhança do que acontece neste estudo, Mahmud et al. (2013) relata não existirem diferenças significativas entre o GMD de capões e galos, contudo, Rikimaru et al. (2009) reporta galos com GMD superior comparativamente aos capões, ao contrário de Welter (1976) que apresenta capões com um GMD superior aos galos. Tais diferenças podem estar associadas a diferenças na metodologia utilizada nos diferentes estudos.

Relativamente ao Índice de Conversão (IC) e à semelhança do que aconteceu no GMD, não se verificou efeito significativo do número de injeções (2 ou 4) ou da dose (0,5 ou 1,0 ml) no IC das aves imunocastradas, nem diferenças significativas na comparação do IC dos grupos Capão e Galo. No entanto, as aves dos protocolos acima mencionados apresentaram um valor de IC muito inferior aos valores apresentados pelos grupos Capão e Galo, exceção feita às aves submetidas ao protocolo 4 injeções de 0,5 ml. Rikimaru et al. (2009) e Mahmud et al. (2013) também relatam não haver diferenças significativas no IC de galos e capões, embora Lin and Hsu (2002) reporte capões com um IC significativamente superior aos galos. As diferenças nos resultados supra descritos poderão dever-se às diferentes idades aquando da caponização, diferentes idades ao abate e diferentes raças/estirpes (Lin and Hsu, 2002; Symeon et al., 2008; Rikimaru et al., 2011) ou ao facto de o capão estar a utilizar a energia proveniente da dieta para a deposição de gordura, ao contrário do galo, que por apresentar uma elevada concentração sérica de testosterona, possui comportamentos territoriais e agressividade, que levam a um grande dispêndio de energia (Rikimaru et al., 2011).

5.2 Pesos e rendimentos de carcaças e suas proporções e vísceras comestíveis

No peso vivo (PV) não se verificou efeito significativo do número de injeções (2 ou 4) ou da dose (0,5 ou 1 ml) nas aves imunocastradas. Também não se verificou diferenças significativas no PV do grupo Capão e do grupo Galo. As aves imunocastradas apresentaram sempre um PV inferior aos restantes grupos (Capão e Galo), excepção feita às aves submetidas ao protocolo 2 injeções de 0,5 ml, em que o PV destas aves foi superior ao do grupo Galo. Há semelhança do que acontece neste estudo, também Durán (2004) e Chen et al. (2005) relatam não existirem diferenças significativas entre capões e galos, apesar de existirem diversos estudos que contrariam tal resultado (Welter, 1976; Mast et al., 1981; Lin and Hsu, 2002; Tor et al., 2002; Mahmud et al., 2013). O aumento do PV no grupo Capão poderá dever-se ao aumento da deposição de gordura na zona abdominal, resultante da diminuição drástica de testosterona que ocorre após a caponização (Chen et al., 2007).

No peso do peito e no peso da asa também não se verificou efeito significativo do número de injeções (2 ou 4) ou da dose (0,5 ou 1 ml) nas aves imunocastradas. No entanto, se olharmos para os três principais grupos experimentais (Capão, Galo e Improvac) verificamos, que o grupo Capão apresenta um peso de peito e asa significativamente superior ao grupo Improvac. Durán (2004) relata uma superioridade do capão no peso do peito e da asa face ao galo, já Tor et al. (2002) apresenta o capão com um peso de peito superior ao galo, embora não tenha verificado diferenças significativas ao nível do peso da asa. Contrariamente, Symeon et al. (2010) e Volk et al. (2011) reportam galos com asas mais pesadas comparativamente aos capões. O aumento do peso do peito poderá estar relacionado com a quantidade de proteína presente no músculo pectoralis major, que é significativamente superior nos capões comparativamente aos galos, e não com a quantidade de gordura (Chen et al., 2007).

Ao nível dos rendimentos verifica-se que o peito é a única porção que apresentava diferenças significativas entre os grupos experimentais. No grupo Improvac, apesar de não se ter verificado efeito significativo do número de injeções (2 ou 4) ou da dose (0,5 ou 1 ml) no rendimento do peito, os valores apresentados por estas aves são inferiores aos apresentados pelo grupo Capão. Na comparação dos três grupos experimentais (Capão, Galo e Improvac), a explicação para algumas porções apresentarem diferenças significativas nos pesos, mas não nos rendimentos, poderá residir no facto de o aumento de peso ocorre de forma proporcional e não no aumento de peso individual da porção.

5.3 pH e Cor

No grupo Improvac, a medição do pH₂₄ do peito revelou que as aves administradas com quatro injeções apresentam um pH₂₄ superior comparativamente às aves administradas com duas injeções. Os valores de pH₂₄ apresentados pelos protocolos de imunocastração acima mencionados são, na sua

maioria, inferiores aos valores apresentados pelo grupo Capão e Galo. Este último grupo experimental apresentou um pH₂₄ significativamente superior ao apresentado pelo grupo Capão, resultado que está de acordo com Sirri et al. (2009). No entanto, existem diversos estudos que referem não haver diferenças significativas entre o pH₂₄ do peito de Capões e Galos (Miguel et al., 2008; Volk et al., 2011).

Nos parâmetros colorimétricos, a intensidade do vermelho (a*), a intensidade do amarelo (b*) e o croma (C*) apresentaram diferenças significativas entre os grupos experimentais. Por seu turno, o peito das aves imunocastradas não revelou efeito significativo do número de injeções (2 ou 4) ou da dose (0,5 ou 1 ml) nos parâmetros colorimétricos. Os valores de b* e C* dos referidos protocolos de imunocastração encontram-se entre os valores apresentados pelo grupo Capão e o grupo Galo. Já no caso do parâmetro a*, apenas os valores dos protocolos de imunocastração de 2 injeções de 0,5 ml e 4 injeções de 1,0 ml se encontram entre os valores apresentados pelos restantes grupos experimentais. Na comparação do grupo Galo com o grupo Capão é possível verificar uma diminuição significativa da intensidade do vermelho e um aumento significativo da intensidade do amarelo quando as aves são sujeitas a caponização, estando estes resultados de acordo com os observados por diversos autores (Miguel et al., 2008; Rikimaru et al., 2009; Sirri et al., 2009; Symeon et al., 2010; Calik et al., 2015) (Figura 19). A cor do músculo, que depende da raça, do sexo, da idade e da actividade física das aves, é determinada principalmente pela mioglobina e pela gordura intramuscular (Calik et al., 2015), pelo que o aumento da deposição de gordura ao nível intramuscular, decorrente da caponização, e a diminuição da mioglobina no músculo, tornam a carne menos vermelha e mais brilhante (Figura 19) (Rikimaru et al., 2009; Calik et al., 2015). Contudo, não se verificaram diferenças significativas entre a luminosidade dos grupos experimentais, corroborando resultados apresentados anteriormente (Symeon et al., 2010; Volk et al., 2011). Embora neste estudo não tenha sido realizada a quantificação da mioglobina presente no músculo, a diminuição da sua concentração, que ocorre após a caponização, deve-se ao diferente comportamento oxidativo das fibras musculares, isto é, as fibras musculares sofrem uma mudança de metabolismo, devido à diminuição da actividade física das aves que limita o fornecimento de oxigénio ao metabolismo energético, induzindo-se, assim, um padrão glicolítico mais evidenciado (Sirri et al., 2009; Calik et al., 2015). No croma, quando os animais são caponizados, também se verifica um aumento do seu valor, tal como reportado por Sirri et al. (2009). Nas aves imunocastradas também se verifica um aumento do croma, porém não difere significativamente dos restantes grupos.



Figura 10 - Aparência da carne de galo (1) e da carne de capão (2) (Adaptado de Sirri et al., 2009).

5.4 Ácidos Gordos

Os MUFA foram o grupo principal de ácidos gordos no peito e na perna, seguindo-se os SFA e os PUFA. Estes resultados estão em concordância com os obtidos por Rikimaru et al. (2009), apesar de este autor referir um maior teor de MUFA para o grupo Capão e não para o grupo Galo. Também Sirri et al. (2009) apresenta os MUFA como o principal grupo de ácidos gordos no músculo *pectoralis minor*, embora refira os PUFA como o segundo grupo mais representativo. O aumento da gordura intramuscular decorrente da caponização (Tor et al., 2005; Sinanoglou et al., 2011) tem um efeito indirecto no aumento do teor de SFA na gordura intramuscular (Sinanoglou et al., 2011) e, consequentemente, de forma proporcional observa-se uma diminuição de PUFA (Rikimaru et al., 2009; Sinanoglou et al., 2011) ou MUFA (Sirri et al., 2009).

Na comparação dos resultados obtidos no peito e na perna verificou-se que apenas dois índices (AI e PI) revelaram resultados semelhantes. No caso do AI observou-se um valor superior no grupo Capão resultado de uma maior concentração de SFA, devido a um maior teor de ácido láurico e mirístico na perna e de ácido palmítico no peito. Por outro lado, o grupo Improvac apresentou uma tendência estatística para um Índice de Peroxibilidade (PI) superior aos restantes grupos, resultante de um maior grau de insaturação, com a perna a apresentar maior teor de DHA e o peito maior teor de n-3 PUFA, devido ao maior teor de EPA, DHA e DPA. No caso do peito também se observaram diferenças significativas para o rácio Hipo/hipercolesterolémico (h/H) e para o Índice de Trombogenicidade (TI), o que está de acordo com o anteriormente mencionado.

As diferenças supra mencionadas poderão dever-se à maior deposição de triacilgliceróis a nível intramuscular, que ocorre no grupo Capão resultante da ausência de testosterona. Isto porque existe uma correlação negativa entre a concentração de testosterona plasmática e a actividade das principais enzimas hepáticas lipogénicas (Chen et al., 2006). No caso do grupo Improvac, a redução na testosterona sérica não é tão acentuada comparativamente ao grupo Capão, pelo que a actividade das principais enzimas hepáticas lipogénicas também não é tão acentuada.

5.5 Colesterol e vitamina E

A avaliação do colesterol total do peito e da perna não revelou diferenças significativas ($P=0,06$; $P=0,92$ respectivamente) entre os grupos Capão e Galo. Também não se verificou efeito significativo do número de injeções (2 ou 4) ou da dose (0,5 ou 1 ml) nas aves imunocastradas, no entanto, os valores de colesterol total apresentados por estas aves são superiores aos apresentados pelo grupo Capão e Galo. O colesterol é uma molécula estrutural, sendo um elemento essencial nas membranas celulares e subcelulares. Enquanto elemento estrutural, os seus teores na carne mantêm-se constante para o mesmo músculo em animais da mesma raça e submetidos ao mesmo manejo. Alterações no seu teor ao nível do peito ou da perna estariam associados a alterações na composição das fibras musculares, uma vez que o teor de colesterol da carne é superior em músculos compostos predominantemente por fibras oxidativas e menor quando os músculos são compostos predominantemente por fibras do tipo glicolítico.

Em termos de grupos experimentais, a imunocastração parece ter influenciado negativamente a distribuição de vitamina E (α -tocoferol, γ -tocoferol e γ -tocotrienol) ou a sua deposição no peito. Por outro lado, observou-se o efeito contrário na perna, tendo o grupo Improvac apresentado teores mais elevados de α - e γ -tocoferol.

5.6 Testosterona

No grupo Improvac, os protocolos de imunocastração de 2 e 4 injeções foram os mais eficientes na redução da testosterona sérica. No entanto, em termos de dose total de Improvac administrado às aves e comparando com o grupo Galo, só as aves administradas com uma dose total de 2 e 4 ml é que revelaram uma concentração de testosterona sérica significativamente inferior. Estes valores de testosterona sérica são superiores aos relatados por Chen et al. (2005) em capões. Tais diferenças poderão estar associadas à metodologia utilizada na quantificação da testosterona sérica, à caponização não ter sido realizada de forma correcta ou à produção de testosterona nas supra-renais ser diferente entre raças.

6 Conclusão

O presente estudo demonstrou que a imunocastração dos frangos com recurso ao Improvac diminui de forma significativa a testosterona sérica. Dos diferentes protocolos de imunocastração testados, os protocolos de 4 injeções foram aqueles que diminuíram de forma mais eficiente a testosterona sérica. A imunocastração surge assim como uma alternativa à caponização, com vantagens não só ao nível do bem-estar animal como também na diminuição da mortalidade das aves, uma vez que é um método de castração que não requer intervenção cirúrgica. No entanto, estudos futuros são necessários para ajustar o protocolo de imunocastração, uma vez que neste estudo não foi conseguido.

7 Referências bibliográficas

- ACCF. 2011. Caderno de Especificações Capão de Freamunde - Indicação Geográfica (Protegida).
- Alasnier, C., H. Rémignon, and G. Gandemer. 1996. Lipid characteristics associated with oxidative and glycolytic fibres in rabbit muscles. *Meat Sci.* 43:213–224.
- Allen, C. D., S. M. Russell, and D. L. Fletcher. 1997. The relationship of raw broiler breast meat color and pH to cooked meat color and pH. *Poult. Sci.* 76:1042–1046.
- Arakawa, K., and M. Sagai. 1986. Species differences in lipid peroxide levels in lung tissue and investigation of their determining factors. *Lipids* 21:769–775.
- Barbut, S. 1993. Colour measurements for evaluating the pale soft exudative (PSE) occurrence in turkey meat. *Food Res. Int.* 26:39–43.
- Berri, C., E. Le Bihan-Duval, E. Baéza, P. Chartrin, L. Picgirard, N. Jehl, M. Quentin, M. Picard, and M. J. Duclos. 2005. Further processing characteristics of breast and leg meat from fast-, medium- and slow-growing commercial chickens. *Anim. Res.* 54:123–134.
- British Department of Health. 1994. Nutritional aspects of cardiovascular disease. Report on health and social subjects. London: HMSO.
- Brunius, C. 2011. Early Immunocastration of Male Pigs - Effects on Physiology, Performance and Behaviour. Swedish University of Agricultural Sciences - Faculty of Natural Resources.
- Brunius, C., G. Zamaratskaia, K. Andersson, G. Chen, M. Norrby, A. Madej, and K. Lundström. 2011. Early immunocastration of male pigs with Improvac® - effect on boar taint, hormones and reproductive organs. *Vaccine* 29:9514–20.
- Burroughs, W., C. C. Culberston, J. Kastelic, B. Cheng, and W. H. Hal. 1958. Synthetic Hormones and Meat Production. *Br. Med. J.* 1:762–763.
- Calik, J. 2014. Capon Production - Breeding Stock, Rooster Castration And Rearing Methods, And Meat Quality - A Review. *Ann. Anim. Sci.* 4:769–777.
- Calik, J. 2015. Effect of Caponizing Yellowleg Partridge (Z-33) Cockerels on Body Weight and Meat Quality. *Acta Sci. Pol. Zootech.* 14:51–60.
- Calik, J., K. Połtowicz, S. Świątkiewicz, J. Krawczyk, and J. Nowak. 2015. Effect of caponization on meat quality of Greenleg partridge cockerels. *Ann. Anim. Sci.* 15:541–553.
- Cason, J. A., D. L. Fletcher, and W. H. Burke. 1988. Research note: effects of caponization on broiler growth. *Poult. Sci.* 67:979–81.
- Castellini, C., C. Mugnai, and A. Dal Bosco. 2002. Effect of organic production system on broiler

carcass and meat quality. *Meat Sci.* 60:219–225.

Chen, K., T. Chen, K. Lin, and P. W. Chiou. 2007a. The Effects of Caponization Age on Muscle Characteristics in Male Chicken. *Asian-Aust. J. Anim. Sci* 20:1684–1688.

Chen, K. L., W. T. Chi, C. Chu, R. S. Chen, and P. W. S. Chiou. 2007. Effect of Caponization and Testosterone Implantation on Hepatic Lipids and Lipogenic Enzymes in Male Chickens. *Poult. Sci.* 86:1754–1759.

Chen, K. L., T. Y. Hsieh, and P. W. S. Chiou. 2006. Caponization Effects on Growth Performance and Lipid Metabolism in Taiwan Country Chicken Cockerels. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 19:438–443.

Chen, K. L., T. Y. Lee, C. C. Huang, Y. C. Chen, and P. W. S. Chiou. 2005. Caponization and Testosterone Implantation Effects on Blood Lipid and Lipoprotein Profile in Male Chickens. *Poult. Sci.* 89:924–930.

Chen, K., S. Tsay, D. Lo, F. Kuo, J. Wang, and P. W. Chiou. 2007b. Effects of caponization and testosterone on bone and blood parameters of SCWL male chickens. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 20:706–710.

Chizzolini, R., E. Zanardi, V. Dorigoni, and S. Ghidini. 1999. Calorific value and cholesterol content of normal and low-fat meat and meat products. *Trends Food Sci. Technol.*:119–128.

Compassion in World farming. 2013. Welfare Sheet: Broiler chickens. :1–17.

Cordain, L., S. B. Eaton, A. Sebastian, N. Mann, S. Lindeberg, B. Watkins, J. H. O’Keefe, and J. Brand-Miller. 2005. Origins and evolution of the Western diet: health implications for the 21st century. *Am. J. Clin. Nutr.* 81:341–54.

Daley, C. A., A. Abbott, P. S. Doyle, G. A. Nader, and S. Larson. 2010. A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *Nutr. J.* 9:10.

Dietschy, J. 1984. Regulation of cholesterol metabolism in man and in other species. *Klin. Wochenschr.*:338–345.

Dransfield, E. 1992. Modelling post-mortem tenderisation-III: Role of calpain I in conditioning. *Meat Sci.* 31:85–94.

Durán, A. M. 2004. The effect of caponization on production indices and carcass and meat characteristics in free-range Extremeña Azul chickens. *Spanish J. Agric. Res.* 2:211–216.

Edqvist, L., and G. H. Stabenfeldt. 1993a. The Hormones of Reproduction. In: G. J. King, editor. *Reproduction in Domesticated Animals: World Animal Science B9*. Elsevier, Amsterdam. p. 55–73.

Edqvist, L., and G. H. Stabenfeldt. 1993b. The Endogenous Control of Reproductive Processes. In: G.

King, editor. *Reproduction in Domesticated Animals: World Animal Science B9*. Elsevier, Amsterdam. p. 75–81.

Einarsson, S., C. Brunius, M. Wallgren, K. Lundström, K. Andersson, G. Zamaratskaia, and H. Rodriguez-Martinez. 2011. Effects of early vaccination with Improvac® on the development and function of reproductive organs of male pigs. *Anim. Reprod. Sci.* 127:50–55.

European Commission. 2010. European Declaration on alternatives to surgical castration of pigs.

FAO. 2010. *Fats and Fatty Acids in Human Nutrition: Report of an Expert Consultation*. Food Agric. Organ. United Nations 55.

Fino, C. C. 2015. Efeito da Caponização nos Índices Produtivos dos Galos. Instituto Politécnico de Santarém - Escola Superior Agrária de Santarém.

Froning, G. W., A. S. Babji, and F. B. Mather. 1978. The Effect of Preslaughter Temperature, Stress, Struggle and Anesthetization on Color and Textural Characteristics of Turkey Muscle. *Poult. Sci.* 57:630–633.

Givens, D., and R. Gibbs. 2008. Current intakes of EPA and DHA in European populations and the potential of animal-derived foods to increase them. *Proc. Nutr. Soc.* 67:273–280.

Givens, D. I., K. E. Kliem, and R. A. Gibbs. 2006. The role of meat as a source of n - 3 polyunsaturated fatty acids in the human diet. *Meat Sci.* 74:209–218.

Guo, X., B. Zhou, Y. Wan, J. Zhou, D. Shi, Z. Geng, X. Chen, and R. Jiang. 2016. Effects of Caponization on Expression of Gonadotropin-Releasing Hormone-I and Gonadotropin Subunits Genes in Roosters. *J. Poult. Sci.* 53.

Hilbe, M., P. Jaros, F. Ehrensperger, K. Zlinszky, F. Janett, M. Hässig, and R. Thun. 2006. Histomorphological and immunohistochemical findings in testes, bulbourethral glands and brain of immunologically castrated male piglets. *Schweiz. Arch. Tierheilkd.* 148:599–608.

Horrocks, L. A. 1972. Content, composition, and metabolism of mammalian and avian lipids that contain ether groups. In: F. Snyder, editor. *Ether Lipids: Chemistry and Biology*. Academic Press, New York, NY. p. 177–272.

Hosomi, A., K. Goto, H. Kondo, T. Iwatsubo, T. Yokota, M. Ogawa, M. Arita, J. Aoki, H. Arai, and K. Inoue. 1998. Localization of α -tocopherol transfer protein in rat brain. *Neurosci. Lett.* 256:159–162.

Hubbard SAS. 2017. Machos Hubbard de crescimento lento. Hubbard Breeders. Available from: <http://www.hubbardbreeders.com/pt/produtos/machos-hubbard/7756-machos-hubbard-de-crescimento-lento.html>

Huff-Lonergan, E., and S. M. Lonergan. 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The

role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Sci.* 71:194–204.

Hunty, A. 1995. The COMA report on nutritional aspects of cardiovascular disease: the scientific evidence. *Br. Food J.* 97:30–32.

Ikonen, E. 2008. Cellular cholesterol trafficking and compartmentalization. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* 9:125–138.

James, M. J., R. A. Gibson, L. G. Cleland, J. M.J., G. R.A., and C. L.G. 2000. Dietary polyunsaturated fatty acids and inflammatory mediator production. *Am. J. Clin. Nutr.* 71:343S–348S.

Kayden, H. J., and M. G. Traber. 1993. Absorption, lipoprotein transport, and regulation of plasma concentrations of vitamin E in humans. *J. Lipid Res.* 34:343–358.

King, J. A., and R. P. Millar. 1982. Structure of chicken hypothalamic luteinizing hormone-releasing hormone. I. Structural determination on partially purified material. *J. Biol. Chem.* 257:10722–10728.

Klont, R. E., L. Brocks, and G. Eikelenboom. 1998. Muscle fibre type and meat quality. *Meat Sci.* 49:S219–S229.

Kremmyda, L. S., E. Tvrzicka, B. Stankova, A. Zak, L. Kremmyda, E. Tvrzicka, B. Stankova, and A. Zak. 2011. Fatty Acids as Biocompounds: Their Role in Human Metabolism, Health and Disease - A Review Part 2: Fatty Acid and Physiological Roles and Applications in Human Health and Disease. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub* 155:195–218.

Kris-Etherton, P. M. 1999. Monounsaturated Fatty Acids and Risk of Cardiovascular Disease.

Lawrie, R. A., and D. A. Ledward. 2006. *Lawrie's meat science*. Woodhead Publishing Limited.

Leclercq, B., and C. C. Whitehead. 1988. *Leanness in Domestic Birds: Genetic, Metabolic and Hormonal Aspects*. Butterworth & Co., London, UK.

Lensink, B. J., X. Fernandez, G. Cozzi, L. Florand, and I. Veissier. 2001. The influence of farmers "behavior on calves" reactions to transport and quality of veal meat. *J. Anim. Sci.* 79:642–652.

Leonarduzzi, G., B. Sottero, and G. Poli. 2002. Oxidized products of cholesterol: Dietary and metabolic origin, and proatherosclerotic effects (review). *J. Nutr. Biochem.* 13:700–710.

Lin, C.-Y., J. Hsu, and T. Wan. 2012. Effect of age and caponization on blood parameters and bone development of male native chickens in taiwan. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 25:994–1002.

Lin, C. Y., and J. C. Hsu. 2002. Effects of surgical caponization on growth performance, fiber diameter and some physical properties of muscles in Taiwan country chicken cockerels. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*

Lorenz, F. W. 1949. Estrogens for Fattening Poultry: treatment of chickens on increase but is not recommended for turkeys. *Calif. Agric.* 3:11–12.

- Lorenz, F. W. 1954. Effects of Estrogens on Domestic Fowl and Applications in the Poultry Industry. *Vitam. Horm.* 12:235–275.
- Mahmud, M. A., P. Shaba, J. Gana, H. Y. Yisa, and R. Ndagimba. 2013. Effects of surgical caponisation on growth , carcass and some haematological parameters in cockerel chickens. *Sokoto J. Vet. Sci.* 11:57–62.
- Marques, A. C., M. R. Maróstica, and G. M. Pastore. 2010. Some nutritional, technological and environmental advances in the use of enzymes in meat products. *Enzyme Res.* 2010:480923.
- Mast, M. G., H. C. Jordan, and J. H. Macneil. 1981. The Effect of Partial and Complete Caponization on Growth Rate, Yield, and Selected Physical and Sensory Attributes of Cockerels. *Poult. Sci.* 60:1827–1833.
- Miguel, J. A., J. Ciria, B. Asenjo, and J. L. Calvo. 2008. Effect of caponisation on growth and on carcass and meat characteristics in Castellana Negra native Spanish chickens. *Animal* 2:305–11.
- Miyamoto, K., and Y. Hasegawa. 1984. Identification of the second gonadotropin-releasing hormone in chicken hypothalamus: *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 81:3874–3878.
- Mugler, D. J., and F. E. Cunningham. 1972. Factors Affecting Poultry Meat Color - A Review. *Worlds Poult. Sci. J.* 28:400–406.
- Nagan, N., and R. A. Zoeller. 2001. Plasmalogens: biosynthesis and functions. *Prog. Lipid Res.* 40:199–229.
- O’Fallon, J. V., J. R. Busboom, M. L. Nelson, and C. T. Gaskins. 2007. A direct method for fatty acid methyl ester synthesis: Application to wet meat tissues, oils, and feedstuffs. *J. Anim. Sci.* 85:1511–1521.
- Orczewska-Dudek, S., D. Bederska-Łojewska, M. Pieszka, and M. Pietras. 2012. Cholesterol and Lipid Peroxides in Animal Products and Health Implications - A Review. *Ann. Anim. Sci.* 12:25–52.
- Pfizer Animal Health. 2017. Improvac - A better way forward. Improv. FAQ’s. Available from: <http://www.improvac.com/nz/faq.aspx>
- Pinto, F. 2016. Centenas de capões vendidos na Feira de Santa Luzia. *Verdadeiro Olhar*. Available from: <http://verdadeiroolhar.pt/2016/12/14/centenas-de-capoes-vendidos-na-feira-de-santa-luzia/>
- Prates, J. A. M., M. A. G. Quaresma, R. J. B. Bessa, C. M. G. A. Fontes, and C. M. P. M. Alfaia. 2006. Simultaneous HPLC quantification of total cholesterol, tocopherols and β -carotene in Barrosã-PDO veal. *Food Chem.* 94:469–477.
- Prunier, A., M. Bonneau, E. H. von Borell, S. Cinotti, M. Gunn, B. Fredriksen, M. Giersing, D. B. Morton, F. A. M. Tuytens, and A. Velarde. 2006. A review of the welfare consequences of surgical castration in piglets and the evaluation of non-surgical methods. *Anim. Welf.* 15:277–289.

- Qiao, M., D. L. Fletcher, D. P. Smith, and J. K. Northcutt. 2001. The Effect of Broiler Breast Meat Color on pH, Moisture, Water-Holding Capacity, and Emulsification Capacity. *Poult. Sci.* 80:676–680.
- Quaresma, M. A. G. 2017. Comunicação pessoal.
- Quaresma, M. A. G., I. Trigo Rodrigues, R. Pereira Silva, N. Santos, J. Breda, R. J. B. Bessa, J. P. C. Lemos, J. A. M. Prates, and A. S. Barreto. 2008. Vitamin E homologues in wild boar meat from Montado. *Pap. Present. Int. Congr. Meat Sci. Technol.*
- Quintas, A., A. P. Freire, and M. J. Halpern. 2008. *Bioquímica - Organização Molecular da Vida*. Lidel - Edições Técnicas, Lda.
- Rahman, M. M., M. A. Islam, M. Y. Ali, M. E. A. Khondaker, and M. M. Hossain. 2004. Effect of Caponization on Body Weight, Hematological Traits and Bloos Cholesterol Concentration of Nara Chicken. *J. Poult. Sci.* 3:284–286.
- Ratnayake, W. M. N., and C. Galli. 2009. Fat and fatty acid terminology, methods of analysis and fat digestion and metabolism: A background review paper. *Ann. Nutr. Metab.* 55:8–43.
- Renner, M. 2000. Oxidative Processes and Myoglobin. In: E. A. Decker, C. Faustman, and C. J. Lopez-Bote, editors. *Antioxidants in Muscle Foods: Nutritional Strategies to Improve Quality*. John Wiley & Sons, Inc.
- Rikimaru, K., S. Ogawa, M. Komastu, and J. Ishizuka. 2009. Effects of Caponization on Meat Quality of Hinai-jidori Chicken. *Japan Poult. Sci. Assoc.* 46:345–350.
- Rikimaru, K., H. Takahashi, and M. A. Nichols. 2011. An efficient method of early caponization in slow-growing meat-type chickens. *Poult. Sci.* 90:1852–1857.
- Rydhmer, L., K. Lundstrom, and K. Andersson. 2010. Immunocastration reduces aggressive and sexual behaviour in male pigs. *Animal* 4:965–972.
- Sahin, S. G. S. S. 2006. Physical Properties of Foods. In: D. R. Heldman, editor. *Physical Properties of Foods*. Springer New York, New York, NY. p. 39–106.
- Santos-Silva, J., R. J. B. Bessa, and F. Santos-Silva. 2002. Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. II. Fatty acid composition of meat. *Livest. Prod. Sci.* 77:187–194.
- Schneider, C. 2005. Chemistry and biology of vitamin E. *Mol. Nutr. Food Res.* 49:7–30.
- Scollan, N., J. F. Hocquette, K. Nuernberg, D. Dannenberger, I. Richardson, and A. Moloney. 2006. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Sci.* 74:17–33.

- Setchell, B. P. 1993. Male Reproduction. In: G. King, editor. *Reproduction in Domesticated Animals: World Animal Science B9*. Elsevier, Amsterdam. p. 83–127.
- Simopoulos, A. 2002. Omega-3 fatty acids in inflammation and autoimmune diseases. *J. Am. Coll. Nutr.* 21:495–505.
- Simopoulos, A. P. 1997. ω -3 fatty acids in the prevention-management of cardiovascular disease. *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 75:234–239.
- Simopoulos, A. P. 2004. Omega-6/Omega-3 Essential Fatty Acid Ratio and Chronic Diseases. *Food Rev. Int.* 20:77–90.
- Sinanoglou, V. J., F. Mantis, S. Miniadis-Meimaroglou, G. K. Symeon, and I. A. Bizelis. 2011. Effects of caponisation on lipid and fatty acid composition of intramuscular and abdominal fat of medium-growth broilers. *Br. Poult. Sci.* 52:310–317.
- Sirri, F., M. Bianchi, M. Petracci, and A. Meluzzi. 2009. Influence of partial and complete caponization on chicken meat quality. *Poult. Sci.* 88:1466–73.
- Soares, M. L. C. 2005. Caracterização fenotípica e genotípica das raças autóctones de galináceos portugueses: Pedrês Portuguesa, Preta Lusitânica e Amarela. Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar - Universidade do Porto.
- Symeon, G. K., F. Mantis, I. Bizelis, A. Kominakis, and E. Rogdakis. 2008. Effects of caponization on growth performance , carcass composition , and meat quality of medium growth broilers.
- Symeon, G. K., F. Mantis, I. Bizelis, A. Kominakis, and E. Rogdakis. 2010. Effects of caponization on growth performance, carcass composition, and meat quality of medium growth broilers. *Poult. Sci.* 89:1481–1489.
- Tor, M., J. Estany, A. Francesch, and M. D. Cubiló. 2005. Comparison of fatty acid profiles of edible meat, adipose tissues and muscles between cocks and capons. *Anim. Res.* 54:413–424.
- Tor, M., J. Estany, and D. Villalba. 2002. Comparison of carcass composition by parts and tissues between cocks and capons. *Anim. Res.* 51:421–431.
- Toussaint-Samat, M. 2009. *A History of Food*. 2nd ed. Wiley-Blackwell.
- Traber, M. G. 1994. Determinants of plasma vitamin E concentrations. *Free Radic Biol Med* 16:229–239.
- Traber, M. G., and J. Atkinson. 2007. Vitamin E, antioxidant and nothing more. *Free Radic. Biol. Med.* 43:4–15.
- Tvrzicka, E., L. S. Kremmyda, B. Stankova, and A. Zak. 2011. Fatty acids as biocompounds: Their role in human metabolism, health and disease - a review. part 1: Classification, dietary sources and

biological functions. *Biomed. Pap.* 155:117–130.

Ulbricht, T. L. V., and D. A. T. Southgate. 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors. *Lancet* 338:985–992.

Valenzuela, A., J. Sanhueza, and S. Nieto. 2004. Cholesterol oxidized products in foods: potential health hazards and the role of antioxidants in prevention. *Grasas y Aceites* 55:312–320.

Vestergaard, M., N. Oksbjerg, and P. Henckel. 2000. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat colour of semitendinosus, longissimus dorsi and supraspinatus muscles of young bulls. *Meat Sci.* 54:177–185.

Volk, M., J. Malenšek, and M. Prevotnik. 2011. Differences in carcass and meat quality between organically reared cocks and capons. *Agric. Conspec. Sci.* 3:153–155.

Wang, X., and P. J. Quinn. 1999. Vitamin E and its function in membranes. *Prog. Lipid Res.* 38:309–36.

Webb, E. C., and H. A. O'Neill. 2008. The animal fat paradox and meat quality. *Meat Sci.* 80:28–36.

Welter, J. F. 1976. Effects of Surgical Caponization on Production Efficiency and Carcass Yield of Roosters. *Poult. Sci.* 55:1372–1375.

Weppelman, R. M. 1984. Effects of gonadal steroids and adrenergic agonists on avian growth and feed efficiency. *J. Exp. Zool.* 232:461–464.

WHO. 2003. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Geneva.

Winter, A. R., and E. M. Funk. 1960. *Poultry Science and Practice*. J.B. Lippincott Co., New York, NY.

Yeagle, P. L. 1985. Cholesterol and the cell membrane. *BBA - Rev. Biomembr.* 822:267–287.

York, L. R., and J. D. Mitchell. 1969. The Effect of Estradiol-17 β -monopalmitate and Surgical Caponization on Production Efficiencies, Yields and Organic Characteristics of Chicken Broilers. *Poult. Sci.* 48:1532–1536.

Yoshida, H., M. Yusin, I. Ren, J. Kuhlenkamp, T. Hirano, A. Stolz, and N. Kaplowitz. 1992. Identification, purification, and immunochemical characterization of a tocopherol-binding protein in rat liver cytosol. *J. Lipid Res.* 33:343–350.

Young, J. F., A. H. Karlsson, and P. Henckel. 2004. Water-holding capacity in chicken breast muscle is enhanced by pyruvate and reduced by creatine supplements. *Poult. Sci.* 83:400–5.

Zamaratskaia, G., H. K. Andersson, G. Chen, K. Andersson, A. Madej, and K. Lundström. 2008a. Effect of a gonadotropin-releasing hormone vaccine (ImprovacTM) on steroid hormones, boar taint compounds and performance in entire male pigs. *Reprod. Domest. Anim.* 43:351–359.

Zamaratskaia, G., and M. K. Rasmussen. 2015. Immunocastration of Male Pigs – Situation Today. *Procedia Food Sci.* 5:324–327.

Zamaratskaia, G., L. Rydhmer, H. K. Andersson, G. Chen, S. Lowagie, K. Andersson, and K. Lundström. 2008b. Long-term effect of vaccination against gonadotropin-releasing hormone, using ImprovacTM, on hormonal profile and behaviour of male pigs. *Anim. Reprod. Sci.* 108:37–48.